

Image preprocessing arrangement for road marker recognition system for motor vehicles

Patent Number: DE19918050
Publication date: 1999-11-04
Inventor(s): IMANISHI MASAYUKI (JP); OIKE TATSUYA (JP); HIBINO KATSUHIKO (JP)
Applicant(s): DENSO CORP KARIYA CITY (JP)
Requested Patent: ☐ DE19918050
Application: DE19991018050 19990421
Priority Number(s): JP19980110959 19980421; JP19990036428 19990215
IPC Classification: G08G1/04
EC Classification: G08G1/04
Equivalents:

Abstract

The arrangement has an image amplifier for sensing the acquired image and generating an amplified output which reacts to a change in intensity between a dark region and a light region of the acquired image. The sign of the output changes with the transition direction of the intensity change. An image output device generates an image resulting from the amplified output and containing a track characteristic parameter in a predefined processing zone of the acquired image. The size of the processing zone corresponds to a number of pixels and is wider than the marker. An Independent claim is also included for a method of preprocessing an acquired image for a track marker recognition system.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

BEST AVAILABLE COPY



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 18 050 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
G 08 G 1/04

P01NM-076 EP

⑦① Aktenzeichen: 199 18 050.4
⑦② Anmeldetag: 21. 4. 99
⑦③ Offenlegungstag: 4. 11. 99

DE 199 18 050 A 1

⑦③ Unionspriorität:
10-110959 21. 04. 98 JP
11-36428 15. 02. 99 JP

⑦① Anmelder:
DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref., JP

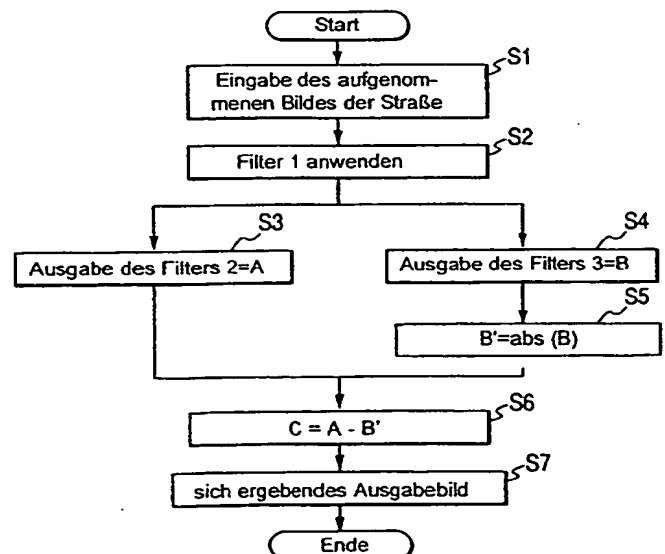
⑦③ Vertreter:
WINTER, BRANDL, FÜRNIS, HÜBNER, RÖSS,
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising

⑦② Erfinder:
Oike, Tatsuya, Kariya, Aichi, JP; Hibino, Katsuhiko,
Kariya, Aichi, JP; Imanishi, Masayuki, Nishio, Aichi,
JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Vorrichtung und Verfahren zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes, Fahrspurmarkierungserkennungssystem, zugehöriges Fahrzeugfahrkontrollsystem und Aufzeichnungsmedien

⑤⑦ Ein Bildfilter 1 erzeugt eine verstärkte Ausgabe als Reaktion auf eine Helligkeitsänderung zwischen einem dunklen Bereich und einem hellen Bereich eines aufgenommenen Bildes, wobei sich ein Vorzeichen der verstärkten Ausgabe entsprechend einer Übergangsrichtung der Helligkeitsänderung zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich umkehrt. Ein Bildfilter 2 erzeugt eine Ausgabe, die einen Drehimpuls entsprechender Pixel um ein Zentralpixel in einer auf dem aufgenommenen Bild eingerichteten vorbestimmten Verarbeitungszone herum repräsentiert. Der Drehimpuls wird durch Vektorgößen aus Pixelwerten definiert. Ein Bildfilter 3 erzeugt eine Ausgabe, die einen akkumulativen Absolutwert der entsprechenden Pixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone repräsentiert. Eine Ausgabedifferenz zwischen den Bildfiltern 2 und 3 wird als ein Anzeiger erhalten, der eine Fahrspurmarkierung repräsentiert.



DE 199 18 050 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Fahrspurmarkierungserkennungssystem zum Erkennen einer Fahrspurmarkierung auf einer Fahrstraße und eine Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes, die in diesem Fahrspurmarkierungserkennungssystem enthalten ist. Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung ein Fahrzeugfahrtkontrollsystem zum Kontrollieren bzw. Steuern des Fahrzeuges gemäß der von dem Fahrspurmarkierungserkennungssystem erkannten Fahrspurmarkierung und ein Aufzeichnungsmedium, das ein Programm zum Ausführen der Vorverarbeitung des aufgenommenen Bildes in einem Computersystem speichert.

Um eine automatische Fahrt eines Fahrzeuges zu realisieren, ist es erforderlich, eine Fahrstraße vor dem Fahrzeug genau zu erkennen. Gemäß einem konventionell entwickelten Erkennungsverfahren wird eine Fahrspurmarkierung von einem aufgenommenen Bild der Fahrstraße vor dem Fahrzeug erkannt. Die Farbe der Fahrspurmarkierung ist im allgemeinen weiß oder gelb, was von dem Grau oder Schwarz der Farbe der Straße unterscheidbar ist. Zum Beispiel offenbart die ungeprüfte japanische Patentveröffentlichung Nr. Kokai 5-289743 ein Verfahren zum Erkennen der Fahrspurmarkierung auf der Grundlage binärcodierter Daten eines Originalbildes. Die ungeprüfte japanische Patentveröffentlichung Nr. Kokai 7-239996 offenbart ein Verfahren zum Erkennen der Fahrspurmarkierung auf der Grundlage binärcodierter Daten, die sich aus der Kantenverarbeitung ergeben, die auf ein Originalbild angewendet wird.

Jedoch basiert das Erkennungsverfahren, das in der ungeprüften japanischen Patentveröffentlichung Nr. Kokai 5-289743 offenbart ist, auf einer Unterscheidung eines hellen Bereichs (d. h., Fahrspurmarkierung) von einem dunklen Bereich (d. h., Straße). Alles an Helligkeitsänderung wird folglich so erfaßt, als zeige es die Fahrspurmarkierung an. Mit anderen Worten, dieses konventionelle Erkennungsverfahren erkennt irrtümlicherweise andere helle Bereiche als die Fahrspurmarkierung. Um dieses Problem zu beseitigen, ist nach dem Erhalt der binärcodierten Daten eine geeignete Nachverarbeitung erforderlich, um die Rauschdaten zu entfernen, die den hellen Bereichen verschieden von der Fahrspurmarkierung entsprechen.

Gleichermaßen erfordert das in der ungeprüften japanischen Patentveröffentlichung Nr. Kokai 7-239996 offenbarte Erkennungsverfahren eine komplizierte Nachverarbeitung. Zum Beispiel kann das aufgenommene Bild andere Fahrzeuge enthalten, die vor dem Subjektfahrzeug fahren. In solch einem Fall weisen die kantenverarbeiteten Daten die Kantendaten auf, die den vorhergehenden Fahrzeugen ebenso wie der Fahrspurmarkierung entsprechen. Folglich ist die Nachverarbeitung erforderlich, um die Kante der Fahrspurmarkierung von den Kanten der vorhergehenden Fahrzeuge zu unterscheiden.

Andererseits offenbart die ungeprüfte japanische Patentveröffentlichung Nr. Kokai 3-194669 einen Fahrspurmarkierungserfassungsfiler, der geeignet ist, einen hellen Bereich hervorzuheben bzw. zu verstärken, der von einem dunklen Bereich umgeben wird. Die Mutmaßlichkeit (Likelihood) der Fahrspurmarkierung wird auf der Grundlage der Ausgabe des Fahrspurmarkierungserfassungsfilters bewertet. Die Rauschdaten werden dann entsprechend der Mutmaßlichkeitsbewertung entfernt.

Gemäß der ungeprüften japanischen Patentveröffentlichung Nr. Kokai 3-194669 wird die Helligkeitsverteilung entlang einer lateralen Richtung überwacht, die die Fahrspurmarkierung auf dem aufgenommenen Bild kreuzt. Die Fahrspurmarkierung ist im allgemeinen heller als die Straße. Folglich wird, wenn der oben beschriebene, Fahrspurmarkierungserfassungsfiler auf das aufgenommene Bild angewendet wird, eine positive Filterausgabe als Reaktion auf den hellen Bereich erzeugt. Die Erzeugung der Filterausgabe gemäß diesem konventionellen System wird ausführlicher unter Bezugnahme auf die Fig. 20A bis 20D erklärt.

Es wird nun angenommen, daß die linke Hälfte eines Eingabebildes ein weißer Bereich (Helligkeit = 200) und die rechte Hälfte ein grauer Bereich (Helligkeit = 100) ist, wie in Fig. 20A gezeigt.

Die Filterausgabe wird durch Anwenden des Fahrspurmarkierungserfassungsfilters in Bezug auf ein Objektpixel (X, Y) erhalten. Der Fahrspurmarkierungserfassungsfiler besitzt eine Vielzahl von Filterparametern, die in einem Matrixmuster angeordnet sind, das insgesamt vier Matrizen enthält, die jede aus 3x3 Pixeln besteht, wobei zwei Matrizen (im folgenden als "nahseitige Matrizen" bezeichnet) gleich neben beiden Seiten des Objektpixels und zwei weitere Matrizen (im folgenden als "fernseitige Matrizen" bezeichnet) fern von den beiden Seiten des Objektpixels positioniert sind. Jedes Pixel besitzt einen positiven Pixelwert (+1) in den zwei nahseitigen Matrizen. Im Gegensatz dazu besitzt jedes Pixel einen negativen Pixelwert (-1) in den fernseitigen Matrizen.

Fig. 20B zeigt einen Fall, wo sich ein Objektpixel (Xa, Ya) in dem weißen Bereich befindet, so daß die gesamten zwei nahseitigen Matrizen und die linke fernseitige Matrix mit dem weißen Bereich verknüpft bzw. in ihm enthalten sind. Nur die rechte fernseitige Matrix ist in dem grauen Bereich enthalten. In diesem Fall erzeugt jede der nahseitigen Matrizen $200 \cdot 1 \cdot 9 = 1800$. Die linke fernseitige Matrix erzeugt $200 \cdot (-1) \cdot 9 = -1800$. Die rechte fernseitige Matrix erzeugt $100 \cdot (-1) \cdot 9 = -900$. Folglich wird eine aufsummierte Filterausgabe $1800 \times 2 - 1800 - 900 = 900$.

Fig. 20C zeigt einen weiteren Fall, wo ein Objektpixel (Xb, Yb) sich in dem grauen Bereich befindet, so daß die gesamten zwei nahseitigen Matrizen und die rechte fernseitige Matrix mit dem grauen Bereich verknüpft sind. Nur die linke fernseitige Matrix ist in dem weißen Bereich enthalten. In diesem Fall erzeugt jede der nahseitigen Matrizen $100 \cdot 1 \cdot 9 = 900$. Die rechte fernseitige Matrix erzeugt $100 \cdot (-1) \cdot 9 = -900$. Die linke fernseitige Matrix erzeugt $200 \cdot (-1) \cdot 9 = -1800$. Folglich wird eine aufsummierte Filterausgabe $900 \times 2 - 900 - 1800 = -900$.

Fig. 20D zeigt ein gefiltertes Bild, das mittels des oben beschriebenen Fahrspurmarkierungserfassungsfilters verarbeitet wurde. Wie aus Fig. 20D ersichtlich ist, erzeugt der Fahrspurmarkierungserfassungsfiler eine positive Filterausgabe bei jedem Übergang von dem hellen Bereich zu dem grauen Bereich. Folglich kann die positive Filterausgabe als Reaktion auf einen irigen hellen Bereich verschieden von der Fahrspurmarkierung erzeugt werden. Falls zum Beispiel ein bestimmter Bereich so hell wie die Fahrspurmarkierung ist, ist eine bei einem Übergang von diesem irigen helleren Bereich zu der Straße erzeugte Filterausgabe ganz ähnlich zu und nicht unterscheidbar von der bei dem Übergang von der echten Fahrspurmarkierung zu der Straße erzeugten Filterausgabe. Falls weiter die Helligkeit dieses irigen hellen Bereichs deutlich größer als jene der Fahrspurmarkierung ist, kann die Fahrspurmarkierung unerwünschterweise infolge der Helligkeitsdifferenz zwischen ihnen übersehen werden.

Mit anderen Worten, das Fahrspurmarkierungserkennungsverfahren der ungeprüften japanischen Patentveröffentlichung Nr. Kokai 3-194669 ist nur unter idealen Bedingungen verlässlich, wo die Fahrspurmarkierung einen klaren Kontrast gegenüber der Straße ohne irrige helle Bereiche besitzt. Falls es irgendeinen irrigen hellen Bereich in dem Eingabebild gibt, so müssen bei der Erfassung der Fahrspurmarkierung die irrigen Daten entfernt werden.

Kurzfassung der Erfindung

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, eine Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes bereitzustellen, die geeignet ist, einen hellen Bereich, der der echten Fahrspurmarkierung entspricht, von anderen irrigen hellen Bereichen zu unterscheiden, eine Vorverarbeitung durchzuführen, um nur die Daten der echten Fahrspurmarkierung zu erhalten, und die Verarbeitungseffizienz bei der Fahrspurmarkierungserkennung zu verbessern.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, ein Verfahren zur Vorverarbeitung des in der Fahrspurmarkierungserkennung verwendeten aufgenommenen Bildes bereitzustellen.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, ein Fahrspurmarkierungserkennungssystem bereitzustellen, das die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes enthält.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, ein Fahrzeugfahrkontrollsystem zum Kontrollieren bzw. Steuern eines Fahrzeuges auf der Grundlage des Ergebnisses der Erkennung des Fahrspurmarkierungserkennungssystems bereitzustellen.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, ein Aufzeichnungsmedium bereitzustellen, das ein Programm eines Computersystems zum Ausführen der oben beschriebenen Vorverarbeitung speichert.

Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes der vorliegenden Erfindung kann vorteilhafterweise auf ein Fahrspurmarkierungserkennungssystem zum Erkennen einer Fahrspurmarkierung auf einer Fahrstraße vor dem Fahrzeug auf der Grundlage eines aufgenommenen Bildes der Fahrstraße angewendet werden. Beispielsweise ist eine CCD-Kamera auf einem Fahrzeugkörper installiert. Die Vorverarbeitungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung wird auf das von der CCD-Kamera aufgenommene Bild angewendet. Die Fahrspurmarkierungserkennung wird auf der Grundlage des vorverarbeiteten Bildes durchgeführt.

Die Vorverarbeitung des aufgenommenen Bildes wird auf die folgende Weise durchgeführt.

Das aufgenommene Bild wird abgetastet, um eine verstärkte Ausgabe, die auf eine Helligkeitsänderung zwischen einem dunklen Bereich und einem hellen Bereich des aufgenommenen Bildes reagiert, zu erzeugen, wobei sich ein Vorzeichen der verstärkten Ausgabe gemäß einer Übergangsrichtung der Helligkeitsänderung zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich umkehrt.

Ein sich aus der verstärkten Ausgabe ergebendes Bild enthält eine Fahrspurmerkmalsgröße, die in einer vorbestimmten Verarbeitungszone erhalten wurde, die auf dem aufgenommenen Bild eingerichtet wurde. Die Verarbeitungszone besitzt eine Größe, die auf eine Vielzahl von Pixel des aufgenommenen Bildes angewendet werden kann, mit einer Breite breiter als die Fahrspurmarkierung. Die Fahrspurmerkmalsgröße entspricht einer Differenz zwischen einem Drehimpuls entsprechender Pixel um eine Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone herum und einem akkumulativen Absolutwert der entsprechenden Pixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone. Der Drehimpuls wird durch Vektorgößen aus Pixelwerten der entsprechenden Pixel relativ in Bezug auf das Zentralpixel definiert.

Die Fahrspurmarkierung ist üblicherweise eine weiße oder gelbe Linie, die auf einer Straße gezogen ist und die als ein heller Bereich auf dem aufgenommenen Bild erkannt wird. Andererseits kann die Fahrspurmarkierung ein dunkler Bereich sein, wie zum Beispiel eine auf einem weißen Fußboden einer Fabrik aufgedruckte schwarze Fahrspurmarkierung. Zum Beispiel bewegt sich ein automatisch geführtes Fahrzeug entlang einer dunkelfarbiges Fahrspurmarkierung auf einem hellfarbiges Fußboden der Fabrik.

Angesichts des Vorhandenseins von verschiedenen Arten von Fahrspurmarkierungen wird die Vorverarbeitung des aufgenommenen Bildes in jedem Fall anders durchgeführt.

In einem ersten Fall, wo die Fahrspurmarkierung eine weiße oder vergleichbar hellfarbige Fahrspurmarkierung ist, wird die Fahrspurmarkierung als ein heller Bereich in dem aufgenommenen Bild erkannt. In diesem Fall wird eine positive verstärkte Ausgabe erzeugt, wenn die Helligkeitsänderung bei einem Übergang von dem dunklen Bereich zu dem hellen Bereich stattfindet, und eine negative verstärkte Ausgabe wird erzeugt, wenn die Helligkeitsänderung bei einem entgegengesetzten Übergang von dem hellen Bereich zu dem dunklen Bereich stattfindet. Der Drehimpuls der entsprechenden Pixel ist positiv, wenn der Drehimpuls in einer Richtung im Uhrzeigersinn relativ in Bezug auf das Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone erfaßt wird.

In einem zweiten Fall, wo die Fahrspurmarkierung eine schwarze oder vergleichbar dunkelfarbige Fahrspurmarkierung ist, wird die Fahrspurmarkierung als ein dunkler Bereich in dem aufgenommenen Bild erkannt. In diesem Fall wird eine positive verstärkte Ausgabe erzeugt, wenn die Helligkeitsänderung bei einem Übergang von dem hellen Bereich zu dem dunklen Bereich stattfindet, und eine negative verstärkte Ausgabe wird erzeugt, wenn die Helligkeitsänderung bei einem Übergang von dem dunklen Bereich zu dem hellen Bereich stattfindet. Der Drehimpuls der entsprechenden Pixel ist positiv, wenn der Drehimpuls in einer Richtung im Uhrzeigersinn relativ in Bezug auf das Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone erfaßt wird.

In einem dritten Fall, wo die Fahrspurmarkierung eine schwarze oder vergleichbar dunkelfarbige Fahrspurmarkierung ist, wird die Fahrspurmarkierung als ein dunkler Bereich in dem aufgenommenen Bild erkannt. In diesem Fall wird eine negative verstärkte Ausgabe erzeugt, wenn die Helligkeitsänderung bei einem Übergang von dem hellen Bereich zu dem dunklen Bereich stattfindet, und eine positive verstärkte Ausgabe wird erzeugt, wenn die Helligkeitsänderung bei einem Übergang von dem dunklen Bereich zu dem hellen Bereich stattfindet. Der Drehimpuls der entsprechenden Pixel ist positiv, wenn der Drehimpuls in einer Richtung im Uhrzeigersinn relativ in Bezug auf das Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone erfaßt wird.

In einem vierten Fall, wo die Fahrspurmarkierung eine weiße oder vergleichbar hellfarbige Fahrspurmarkierung ist, wird die Fahrspurmarkierung als ein heller Bereich in dem aufgenommenen Bild erkannt. In diesem Fall wird eine nega-

tive verstärkte Ausgabe erzeugt, wenn die Helligkeitsänderung bei einem Übergang von dem dunklen Bereich zu dem hellen Bereich stattfindet, und eine positive verstärkte Ausgabe wird erzeugt, wenn die Helligkeitsänderung bei einem entgegengesetzten Übergang von dem hellen Bereich zu dem dunklen Bereich stattfindet. Der Drehimpuls der entsprechenden Pixel ist positiv, wenn der Drehimpuls in einer Richtung im Gegenuhzeigersinn relativ in Bezug auf das Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone erfaßt wird.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die Fahrspurmerkmalsgröße verwendet, um die Mutmaßlichkeit der Fahrspurmarkierung auf geeignete Weise zu definieren. Die Fahrspurmarkierung ist dadurch gekennzeichnet, daß es einen bandförmigen Bereich mit einer vorbestimmten Breite gibt. Wenn sie auf dem gefilterten Bild gesehen wird, besitzt die Fahrspurmarkierung beide Enden, deren Pixelwerte (z. B. Helligkeit) im wesentlichen denselben Absolutwert aber entgegengesetztes Vorzeichen (d. h., + oder -) besitzen. Wenn die Vektorbetrachtung auf die Pixelwerte angewendet wird, wird dementsprechend ein signifikanter Drehimpuls um ein Zentralpixel einer die Fahrspurmarkierung enthaltenden vorbestimmten Verarbeitungszone herum bewirkt. Insbesondere findet, wenn das Zentralpixel zwischen den beiden Enden der Fahrspurmarkierung in der Richtung der Breite liegt, die Helligkeitsänderung an entgegengesetzten Seiten des Zentralpixels statt. Das positive Pixel und das negative Pixel sind an entgegengesetzten Seiten des Zentralpixels positioniert. Dementsprechend wird der Drehimpuls derselben Richtung um das Zentralpixel herum bewirkt. Ein großer Drehimpuls wird folglich um das Zentrum der Fahrspurmarkierung herum erzeugt.

Andererseits wird ein irriger heller Bereich eine einzelne Helligkeitsänderung bewirken, wenn er keine Breite besitzt, die ähnlich zu jener der Fahrspurmarkierung ist. Falls die Helligkeit des irrigen hellen Bereichs identisch mit jener der Fahrspurmarkierung ist, wird ein sich aus dem irrigen hellen Bereich ergebender Drehimpuls die Hälfte von jenem sein, der sich aus der Fahrspurmarkierung ergibt. Folglich ist gemäß der vorliegenden Erfindung die Fahrspurmarkierung leicht von dem irrigen hellen Bereich unterscheidbar.

Falls jedoch die Helligkeit des irrigen hellen Bereichs zweimal so groß wie die Helligkeit der Fahrspurmarkierung ist, wird der sich aus dem irrigen hellen Bereich ergebende Drehimpuls identisch mit dem Drehimpuls sein, der sich aus der Fahrspurmarkierung ergibt. In diesem Fall ist es schwierig, die Fahrspurmarkierung von dem irrigen hellen Bereich zu unterscheiden.

Um solch ein Problem zu eliminieren, weist die Vorverarbeitung des aufgenommenen Bildes der vorliegenden Erfindung des weiteren einen Schritt zum Erhalten des akkumulativen Absolutwertes in der vorbestimmten Verarbeitungszone auf.

Entsprechend der echten Fahrspurmarkierung wird der akkumulative Absolutwert 0, da die positiven und negativen Pixelwerte zu beiden Seiten der Fahrspurmarkierung annulliert werden.

Andererseits wird entsprechend dem irrigen hellen Bereich keine Annullierung der Pixelwerte erwartet, wenn nur eine Helligkeitsänderung stattfindet. Mit anderen Worten, der sich aus dem irrigen hellen Bereich ergebende akkumulative Absolutwert ist im wesentlichen identisch mit dem Drehimpuls (d. h., dem Pixelwert selbst).

Die vorliegende Erfindung erhält die Fahrspurmerkmalsgröße, die der Differenz zwischen dem Drehimpuls entsprechender Pixel um das Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone herum und dem akkumulativen Absolutwert der entsprechenden Pixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone entspricht. Die Fahrspurmerkmalsgröße für die echte Fahrspurmarkierung ist im wesentlichen identisch mit dem Drehimpuls, welcher ein relativ großer Wert ist. Die Fahrspurmerkmalsgröße für den irrigen hellen Bereich ist im wesentlichen 0. Folglich ermöglicht es die vorliegende Erfindung, die Fahrspurmarkierung sicher von dem irrigen hellen Bereich zu unterscheiden.

Die oben beschriebene Erklärung basiert auf der hellen Fahrspurmarkierung. Es wird jedoch einen Fall geben, wo die Fahrspurmarkierung dunkler als die Straße ist. In diesem Fall wird das Vorzeichen (d. h., positiv und negativ) der Pixelwerte umgekehrt sein. Der Drehimpuls wirkt in die entgegengesetzte Richtung. Die sich ergebende Fahrspurmerkmalsgröße für die echte Fahrspurmarkierung ist ein großer negativer Wert, der hinreichend unterscheidbar von der 0 des irrigen dunklen Bereichs ist. Folglich ermöglicht es die vorliegende Erfindung sogar in solch einem Fall, die Fahrspurmarkierung von dem irrigen dunklen Bereich sicher zu unterscheiden.

Kurz gesagt erzeugt die vorliegende Erfindung das gefilterte Bild auf der Grundlage der Fahrspurmerkmalsgröße, die der Differenz zwischen dem Drehimpuls entsprechender Pixel um das Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone herum und dem akkumulativen Absolutwert der entsprechenden Pixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone entspricht. Die echte Fahrspurmarkierung ist von dem irrigen Helligkeitsänderungsbereich durch Vergleich ihrer Fahrspurmerkmalsgrößen unterscheidbar. Als eine einfache Verarbeitung ist es effektiv, jede Fahrspurmerkmalsgröße in einen Binärwert unter Bezug auf eine geeignete Schwelle umzuwandeln. Durch diese Verarbeitung werden die gesamten Rauschdaten entfernt, und die Daten der echten Fahrspurmarkierung können sicher erhalten werden. Dies realisiert eine genaue Erkennung in der nachfolgenden Fahrspurmarkierungserkennungsverarbeitung und verbessert ebenfalls die Verarbeitungseffizienz.

Wie aus der vorhergehenden Beschreibung ersichtlich ist, führen die Erfinder der vorliegenden Erfindung den "Drehimpuls" als eine geeignete physikalische Größe ein, die die Merkmale der Fahrspurmarkierung repräsentiert, wobei sie wissen, daß der "Drehimpuls" im Gebiet der Signalverarbeitung selten verwendet wird. Allgemein ist der "Drehimpuls" das Kreuzprodukt eines Vektors von einem bestimmten Bezugspunkt zu einem Teilchen mit dem linearen Impuls des Teilchens. Die Erfinder der vorliegenden Erfindung betrachten jedoch sorgfältig die Tatsache, daß Pixelwerte an den beiden Enden des Bildes der Fahrspurmarkierung einander entgegengesetzt sind, wenn sie in der Helligkeitsänderung beobachtet werden, die auf dem aufgenommenen Bild auftritt. Solch eine charakteristische symmetrische Anordnung der Pixelwerte, die von der Fahrspurmarkierung erhalten werden kann, kann von einer einzelnen Helligkeitsänderung unterschieden werden, die dem irrigen hellen oder dunklen Bereich eigen ist. Folglich machen die Erfinder einen Ansatz, um die Charakteristika der Fahrspurmarkierung durch die Vektorgöße ganz ähnlich zu dem Drehimpuls auf der Grundlage der positiven und negativen Pixelwerte zu beiden Seiten der Fahrspurmarkierung auszudrücken. In dieser Hinsicht glauben die Erfinder, daß der "Drehimpuls" eine geeignete physikalische Größe ist, um die Merkmale der Fahrspurmarkierung auszudrücken, die in der Helligkeitsänderung in dem aufgenommenen Bild beobachtet werden.

Die Breite der Fahrspurmarkierung ist nicht immer konstant. Ein aufgenommenes Bild kann eine Vielzahl von Fahr-

spurmarkierungen enthalten, die in der Breite verschieden sind. Eine bestimmte Fahrspurmarkierung, die zum Beispiel bei einer Abzweigung oder einem Vereinigungsbereich gezogen ist, kann dicker als eine gewöhnliche Fahrspurmarkierung sein. Die Breite der Fahrspurmarkierung kann absichtlich variiert werden, um sie voneinander zu unterscheiden. Zum Beispiel sind eine Vielzahl von Wegen auf dem Fußboden der Fabrik präpariert, die das automatisch geführte Fahrzeug verwendet. In solch einem Fall ist es vorteilhaft, alle unnötigen Fahrspurmarkierungen zu eliminieren.

Eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stellt eine tote Zone mit einer vorbestimmten Breite im Zentrum der vorbestimmten Verarbeitungszone bereit, so daß der Drehimpuls und der akkumulative Absolutwert von dieser toten Zone nicht erhalten werden.

Die Bereitstellung dieser toten Zone macht es möglich, jede Fahrspurmarkierung, die schmäler als die tote Zone ist, vollständig zu entfernen, da die Helligkeitsänderung, die an beiden Enden der schmalen Fahrspurmarkierung auftritt, nicht gleichzeitig durch die Verarbeitungszone mit der zentralen toten Zone registriert werden kann. Mit anderen Worten, die erfaßbaren Fahrspurmarkierungen können im wesentlichen auf die Fahrspurmarkierungen begrenzt werden, die breiter als die tote Zone und schmäler als die vorbestimmte Verarbeitungszone sind.

Die Kamera der Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung befindet sich bei einer vorbestimmten Positionshöhe des Fahrzeugs, die im allgemeinen um eine Distanz von bis zu 2 Metern höher als die Straßenoberfläche liegt. Die Kamera kann ein Bild einer Ansicht einer Straße vor dem Fahrzeug gemäß der perspektivischen Darstellung aufnehmen. Wenn ein Bild einer Straße mit einer konstanten Breite von dieser Kamera aufgenommen wird, ist die Straßenbreite infolge der perspektivischen Darstellung auf dem aufgenommenen Bild im unteren Bereich (d. h., an der nahen Seite) breiter und schmäler im oberen Bereich (d. h., an der fernen Seite).

Dementsprechend paßt die bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die vorbestimmte Verarbeitungszone so an, daß sie eine Breite besitzt, die an einer unteren Seite (d. h., nahen Seite) des aufgenommenen Bildes breiter und an einer oberen Seite (d. h., fernen Seite) des aufgenommenen Bildes schmäler gemacht ist. Mit dieser Anpassung wird es möglich, die Breite der Verarbeitungszone entsprechend der perspektivischen Darstellung des aufgenommenen Bildes zu ändern. Gleichmaßen ist es vorteilhaft, die tote Zone so anzupassen, daß sie eine Breite besitzt, die an der unteren Seite (d. h., nahen Seite) des aufgenommenen Bildes breiter und an der oberen Seite (d. h., fernen Seite) des aufgenommenen Bildes schmäler gemacht ist. Mit dieser Anpassung wird es möglich, die Breite der toten Zone entsprechend der perspektivischen Darstellung des aufgenommenen Bildes zu ändern.

Insbesondere ist es vorteilhaft, daß die Breite der vorbestimmten Verarbeitungszone oder der toten Zone auf der Grundlage einer auf das aufgenommene Bild angewendeten perspektivischen Transformation bestimmt wird.

Beim konkreten Einstellen des Kamerawinkels wird der Horizont bei einer Höhe positioniert, die vom Oberteil durch eine vorbestimmte vertikale Distanz beabstandet ist, die äquivalent zu 1/3 der vertikalen Gesamtlänge des aufgenommenen Bildes ist. In diesem Fall existiert keine Straße und keine Fahrspurmarkierung in dem oberen Ein-Drittel-Bereich des aufgenommenen Bildes. Folglich ist es vorteilhaft, die Breite der vorbestimmten Verarbeitungszone in einem vorbestimmten oberen Bereich des aufgenommenen Bildes, wo es keine Fahrspurmarkierung gibt, auf Null zu setzen. Mit dieser Einstellung wird es möglich, unnötige Bildverarbeitung effektiv zu eliminieren.

Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird der vorbestimmte obere Bereich, der keine Fahrspurmarkierung enthält, als ein Bereich betrachtet, der höher als eine Position der Fahrspurmarkierung im Unendlichen auf dem aufgenommenen Bild liegt.

Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erstreckt sich, um eine vereinfachte Verarbeitung des aufgenommenen Bildes zu realisieren, die vorbestimmte Verarbeitungszone in einer horizontalen Richtung des aufgenommenen Bildes, da die Bildverarbeitung im allgemeinen in Bezug auf die horizontale Richtung und die vertikale Richtung durchgeführt wird.

Insbesondere erstreckt sich die Fahrspurmarkierung auf dem aufgenommenen Bild in der Rauf-und-Runter-Richtung, obwohl durch die perspektivische Darstellung gezeigt. Folglich kreuzt die horizontale Verarbeitungszone die Fahrspurmarkierung senkrecht. Dies ist vorteilhaft für das effektive und genaue Durchführen der Vorverarbeitung des aufgenommenen Bildes, um die Fahrspurmarkierung zu erfassen.

Jedoch erstreckt sich die Straße nicht immer geradeaus und ändert flexibel ihre Krümmung entsprechend den Umweltbedingungen. Falls das Fahrzeug auf einer kurvigen Straße fährt, kann sich die Fahrspurmarkierung auf dem aufgenommenen Bild in der horizontalen Richtung erstrecken anstatt in der vertikalen Richtung. In dieser Hinsicht ist es vorteilhaft, daß sich die vorbestimmte Verarbeitungszone in einer vertikalen Richtung des aufgenommenen Bildes ebenso wie in der horizontalen Richtung des aufgenommenen Bildes erstrecken kann.

Kurz gesagt ist es vorteilhaft, daß die vorbestimmte Verarbeitungszone entlang einer Richtung senkrecht zu der Fahrspurmarkierung auf dem aufgenommenen Bild eingerichtet wird.

In diesem Fall ist es möglich, eine optimale Einstellung (z. B. optimale Winkelseinstellung) der vorbestimmten Verarbeitungszone auf der Grundlage von jedem aufgenommenen Eingabebild zu bestimmen. Dieses Verfahren erfordert jedoch eine große Menge an Berechnungen und braucht eine lange Zeit, um das aufgenommene Bild zu verarbeiten.

Jedoch bewirkt das aufgenommene Bild der Straße und der Fahrspurmarkierung keine plötzliche und steile Änderung.

Die gegenwärtige Position der Fahrspurmarkierung ist fast identisch mit oder sehr nahe zu der zuvor erfaßten Position. Angesichts des Vorhergehenden, um die Vorverarbeitung des aufgenommenen Bildes zu vereinfachen und die wesentliche Zeit und Kosten in dieser Vorverarbeitung zu verringern, richtet die bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die vorbestimmte Verarbeitungszone auf der Grundlage einer zuvor in der Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung, die die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes enthält, erfaßten Position einer Fahrspurmarkierung ein.

Wie oben beschrieben wurde, führt die vorliegende Erfindung den "Drehimpuls" als eine geeignete physikalische Größe ein, die die Merkmale der Fahrspurmarkierung repräsentiert, wissend, daß der "Drehimpuls" im Gebiet der Signalverarbeitung selten verwendet wird. Die Erfinder der vorliegenden Erfindung betrachten jedoch sorgfältig die Tatsache, daß Pixelwerte an den beiden Enden des Bildes der Fahrspurmarkierung einander entgegengesetzt sind, wenn sie in der Helligkeitsänderung beobachtet werden, die auf dem aufgenommenen Bild auftritt. Solch eine charakteristische symme-

trische Anordnung der Pixelwerte, die von der Fahrspurmarkierung erhalten werden kann, kann von einer einzelnen Helligkeitsänderung unterschieden werden, die dem irigen hellen oder dunklen Bereich eigen ist. Folglich machen die Erfinder den Ansatz, die Charakteristika der Fahrspurmarkierung durch die Vektorgröße ganz ähnlich zu dem Drehimpuls auf der Grundlage der positiven und negativen Pixelwerte zu beiden Seiten der Fahrspurmarkierung auszudrücken. In dieser Hinsicht glauben die Erfinder, daß der "Drehimpuls" eine geeignete physikalische Größe ist, um die Merkmale der Fahrspurmarkierung auszudrücken, die in der Helligkeitsänderung in dem aufgenommenen Bild beobachtet werden.

Um den oben beschriebenen erfinderischen Ansatz auf eine andere Weise auszudrücken, stellt ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung eine Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes bereit, um eine vorbestimmte Vorverarbeitung auf ein aufgenommenes Bild einer Fahrstraße vor einem Fahrzeug anzuwenden, wobei diese Vorrichtung in einer Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung zum Erkennen einer Fahrspurmarkierung auf der Fahrstraße auf der Grundlage des aufgenommenen Bildes installiert werden kann. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes weist eine Bildverstärkungseinrichtung zum Abtasten des aufgenommenen Bildes und Erzeugen einer verstärkten Ausgabe auf, die auf eine Helligkeitsänderung zwischen einem dunklen Bereich und einem hellen Bereich des aufgenommenen Bildes reagiert, wobei sich ein Vorzeichen der verstärkten Ausgabe entsprechend einer Übergangsrichtung der Helligkeitsänderung zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich umkehrt. Eine Bildausgabeeinrichtung ist zum Erzeugen eines Bildes bereitgestellt, das sich aus der verstärkten Ausgabe der Bildverstärkungseinrichtung ergibt. Das Bild enthält eine Fahrspurmerkmalsgröße, die in einer vorbestimmten Verarbeitungszone erhalten wurde, die auf dem aufgenommenen Bild eingerichtet wurde. Die Verarbeitungszone besitzt eine Größe, die auf eine Vielzahl von Pixel des aufgenommenen Bildes angewendet werden kann, mit einer Breite breiter als die Fahrspurmarkierung. Die Bildausgabeeinrichtung weist eine Fahrspurmerkmalserfassungseinrichtung zum Erfassen einer symmetrischen Anordnung von positiven und negativen Pixelwerten von entsprechenden Pixeln um ein Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone herum auf, und eine Absolutwerterfassungseinrichtung zum Erhalten eines akkumulativen Absolutwertes der entsprechenden Pixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone. Die Bildausgabeeinrichtung ist zum Erhalten der Fahrspurmerkmalsgröße als eine Ausgabedifferenz zwischen der Fahrspurmerkmalserfassungseinrichtung und der Absolutwerterfassungseinrichtung.

Vorteilhafterweise kann die oben beschriebene Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes in einem Fahrspurmarkierungserkennungssystem enthalten bzw. eingebaut sein, so daß das Fahrspurmarkierungserkennungssystem die Fahrspurmarkierung auf der Grundlage der von der Bildausgabeeinrichtung der Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes erhaltenen Fahrspurmerkmalsgröße erkennen kann.

Weiterhin ist es vorteilhaft, daß die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes und die Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung in einem Fahrzeugfahrtkontrollsystem enthalten sind, so daß das Fahrzeugfahrtkontrollsystem die Fahrt des Fahrzeugs entsprechend der durch die Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung erkannten Fahrspurmarkierung kontrollieren bzw. steuern kann.

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die (weiße oder gelbe) Fahrspurmarkierung auf einer allgemeinen Straße begrenzt und kann folglich auf verschiedene Führungslinien angewendet werden, die auf dem Fußboden einer Fabrik aufgedruckt sind, die ein automatisch geführtes Fahrzeug verwendet. Die in dieser Erfindung definierte Straße umfaßt diese Arten von auf dem Fabrikfußboden bereitgestellten Wegen.

Weiterhin ist es vorteilhaft, die oben beschriebene Vorverarbeitung als ein Programm eines Computersystems zu speichern. Das Programm kann in einem tragbaren oder handlichen Aufzeichnungsmedium gespeichert werden, wie zum Beispiel einer Diskette, einer MO-Platte (magnetooptische Platte), einer CD-ROM, einer DVD (d. h., digital versatile disc) und einer Festplatte. Weiterhin kann das Programm in einem ROM oder einem Sicherungs-RAM gespeichert werden, der zuvor in einem Computersystem eingebaut wird.

Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gibt es einen ersten Bildfilter mit Filterparametern, die in einem Matrixmuster angeordnet sind, das auf eine Vielzahl von Pixel auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden kann. Der erste Bildfilter erzeugt eine angehobene bzw. verstärkte Ausgabe, die auf eine Helligkeitsänderung zwischen einem dunklen Bereich und einem hellen Bereich des aufgenommenen Bildes reagiert, wobei sich ein Vorzeichen der verstärkten Ausgabe entsprechend einer Übergangsrichtung der Helligkeitsänderung zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich umkehrt. Es gibt einen zweiten Bildfilter mit Filterparametern, die eine vorbestimmte Verarbeitungszone besitzen, die auf eine Vielzahl von Pixel auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden kann. Der zweite Bildfilter erzeugt eine Ausgabe, die einen Drehimpuls entsprechender Pixel um ein Zentralpixel der vorbestimmten Verarbeitungszone herum repräsentiert. Der Drehimpuls wird durch Vektorgrößen aus Pixelwerten der entsprechenden Pixel relativ in Bezug auf das Zentralpixel definiert. Es gibt einen dritten Bildfilter mit Filterparametern, die eine vorbestimmte Verarbeitungszone besitzen, die auf eine Vielzahl von Pixel auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden kann. Der dritte Bildfilter erzeugt eine Ausgabe, die einen akkumulativen Absolutwert entsprechender Pixel um ein Zentralpixel der vorbestimmten Verarbeitungszone herum repräsentiert. Die Fahrspurmerkmalsgröße wird als eine Differenz zwischen der Ausgabe des zweiten Bildfilters und der Ausgabe des dritten Bildfilters erfaßt.

Der erste Bildfilter und der zweite Bildfilter können durch einen Verbundfilter ersetzt werden, der geeignet ist, die äquivalente Ausgabe zu erzeugen. Gleichermäßen können der erste Bildfilter und der dritte Bildfilter durch einen Verbundfilter ersetzt werden, der die äquivalente Ausgabe besitzt.

Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Vorverarbeitung des aufgenommenen Bildes gemäß den folgenden Schritten durchgeführt. In einem ersten Schritt wird eine angehobene bzw. verstärkte Ausgabe als Reaktion auf eine Helligkeitsänderung zwischen einem dunklen Bereich und einem hellen Bereich des aufgenommenen Bildes erzeugt, wobei sich ein Vorzeichen der verstärkten Ausgabe entsprechend einer Übergangsrichtung der Helligkeitsänderung zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich umkehrt. Im nächsten Schritt wird eine vorbestimmte Verarbeitungszone auf dem aufgenommenen Bild eingerichtet. Die Verarbeitungszone besitzt eine Größe, die auf eine Vielzahl von Pixeln des aufgenommenen Bildes angewendet werden kann, mit einer Breite, die breiter als die Fahrspurmarkierung ist. Ein Drehimpuls von entsprechenden Pixeln wird um ein Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone herum erhalten. Der Drehimpuls wird durch Vektorgrößen aus Pixelwerten der entsprechenden Pixel re-

lativ in Bezug auf das Zentralpixel definiert. Ein akkumulativer Absolutwert der entsprechenden Pixel wird in der vorbestimmten Verarbeitungszone erhalten. Dann, in dem nächsten Schritt, wird eine Fahrspurmerkmalsgröße als eine Differenz zwischen dem Drehimpuls und dem akkumulativen Absolutwert der entsprechenden Pixel erhalten. Ein Bild, das die Fahrspurmerkmalsgröße enthält, wird folglich so erzeugt.

Der erste Bildfilter wird zum Beispiel auf das aufgenommene Bild zum Erzeugen der angehobenen bzw. verstärkten Ausgabe angewendet. Der zweite Bildfilter wird auf die verstärkte Ausgabe des ersten Bildfilters zum Erzeugen der Ausgabe angewendet, die den Drehimpuls entsprechender Pixel repräsentiert. Der dritte Bildfilter wird auf die verstärkte Ausgabe des ersten Bildfilters zum Erzeugen der Ausgabe angewendet, die den akkumulativen Absolutwert entsprechender Pixel repräsentiert.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Die obigen und weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden ausführlichen Beschreibung offensichtlich werden, die in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen zu lesen ist, worin:

Fig. 1 ein Blockdiagramm ist, das eine schematische Anordnung einer CCD-Kamera und einer Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 2 eine Seitenansicht ist, die ein Fahrzeug zeigt, das mit der CCD-Kamera und der Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung, die in **Fig. 1** gezeigt ist, ausgestattet ist;

Fig. 3 ein Flußdiagramm ist, das schematisch die Vorverarbeitung zeigt, die in der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung durchgeführt wird;

Fig. 4A eine Ansicht ist, die ein Beispiel eines Bildfilters 1 zeigt, der in der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 4B eine Ansicht ist, die ein Beispiel eines Bildfilters 2 zeigt, der in der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 4C eine Ansicht ist, die ein Beispiel eines Bildfilters 3 zeigt, der in der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 4D eine Ansicht ist, die eine Anwendung des Bildfilters 1 auf ein aufgenommenes Bild einer Fahrstraße gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;

Fig. 4E bis 4I Ansichten sind, die weitere Beispiele des Bildfilters 1 zeigen, der in der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 4J eine Ansicht ist, die eine Anwendung des Bildfilters 2 auf das aufgenommene Bild der Fahrstraße gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;

Fig. 4K eine Ansicht ist, die ein weiteres Beispiel des Bildfilters 2 zeigt, der in der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 4L eine Ansicht ist, die ein weiteres Beispiel des Bildfilters 3 zeigt, der in der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 4M und 4N Ansichten sind, die weitere Beispiele des Bildfilters 2 zeigen, der in der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 5A eine Ansicht ist, die ein Beispiel eines Verbundfilters zeigt, der zu einer Faltungsausgabe des Bildfilters 1 + des Bildfilters 2 äquivalent ist und der in der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 5B eine Ansicht ist, die ein Beispiel eines Verbundfilters zeigt, der zu einer Faltungsausgabe des Bildfilters 1 + des Bildfilters 3 äquivalent ist und der in der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 5C eine Ansicht ist, die ein weiteres Beispiel des Verbundfilters aus dem Bildfilter 1 + dem Bildfilter 3 zeigt, der in der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 5D eine Ansicht ist, die ein weiteres Beispiel des Verbundfilters aus dem Bildfilter 1 + dem Bildfilter 2 zeigt, der in der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 5E eine Ansicht ist, die ein weiteres Beispiel des Verbundfilters aus dem Bildfilter 1 + dem Bildfilter 3 zeigt, der in der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 5F eine Ansicht ist, die eine Anwendung des Bildfilters 2 auf eine Vielzahl von Pixeln des aufgenommenen Bildes gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;

Fig. 5G eine Ansicht ist, die eine Anwendung des Bildfilters 3 auf eine Vielzahl von Pixeln des aufgenommenen Bildes gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;

Fig. 5H eine Ansicht ist, die eine Anwendung des Bildfilters 2 mit einer toten Zone auf eine Vielzahl von Pixeln des aufgenommenen Bildes gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;

Fig. 5I eine Ansicht ist, die eine Anwendung des Bildfilters 3 mit einer toten Zone auf eine Vielzahl von Pixeln des aufgenommenen Bildes gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;

Fig. 6A bis 6F ein Originalbild und graphische Darstellungen sind, die eine Filterprozedur unter Verwendung der Bildfilter 1 bis 3 veranschaulichen, um eine helle Fahrspurmarkierung (echte Markierung) gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zu erfassen;

Fig. 7A bis 7C Ansichten sind, die praxistaugliche Beispiele des aufgenommenen Bildes einer Straße und die Ausgabebilder zeigen, die mittels der Bildfilter gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verarbeitet wurden;

Fig. 8A bis 8F ein Originalbild und graphische Darstellungen sind, die die Filterprozedur veranschaulichen, die auf eine dunkle Fahrspurmarkierung (falsche Markierung) gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung angewendet wurde;

Fig. 9A bis 9F ein Originalbild und graphische Darstellungen sind, die die Filterprozedur veranschaulichen, die auf ein dunkles/helles Bild (falsches Bild) gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung angewendet

wurde;

Fig. 10A bis 10F ein Originalbild und graphische Darstellungen sind, die die Filterprozedur veranschaulichen, die auf ein helles/dunkles Bild (falsches Bild) gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung angewendet wurde;

Fig. 11 ein Flußdiagramm ist, das ein praxistaugliches Beispiel der Fahrspurmarkierungserkennung und der Fahrzeugkontrollverarbeitung zeigt, die gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung durchgeführt werden;

Fig. 12A eine Ansicht ist, die ein Beispiel des Bildfilters 2 mit der toten Zone gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 12B eine Ansicht ist, die ein Beispiel des Bildfilters 3 mit der toten Zone gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 13A eine Ansicht ist, die ein weiteres Beispiel des Verbundfilters aus dem Bildfilter 1 + dem Bildfilter 2 zeigt, der in der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 13B eine Ansicht ist, die ein weiteres Beispiel des Verbundfilters aus dem Bildfilter 1 + dem Bildfilter 3 zeigt, der in der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 14A bis 14D Ansichten sind, die ein Originalbild einer Straße und einige Beispiele der Bilder der Straße zeigen, die konkret durch Verwendung der Bildfilter der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erhalten wurden;

Fig. 15 eine Ansicht ist, die eine Modifikation der Filtergröße in Beziehung auf einem Punkt im Unendlichen gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;

Fig. 16 eine Ansicht ist, die eine optische Einstellung der Bildfilter 2 und 3 gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;

Fig. 17A bis 17F ein Originalbild und graphische Darstellungen sind, die eine Filterprozedur unter Verwendung der Bildfilter 1 bis 3 veranschaulichen, um eine dunkle Fahrspurmarkierung (echte Markierung) gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zu erfassen;

Fig. 18A bis 18F ein Originalbild und graphische Darstellungen sind, die eine weitere Filterprozedur unter Verwendung der Bildfilter 1 bis 3 veranschaulichen, um die dunkle Fahrspurmarkierung (echte Markierung) gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zu erfassen;

Fig. 19A bis 19F ein Originalbild und graphische Darstellungen sind, die eine weitere Filterprozedur unter Verwendung der Bildfilter 1 bis 3 veranschaulichen, um die helle Fahrspurmarkierung (echte Markierung) gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zu erfassen; und

Fig. 20A bis 20D Ansichten sind, die eine konventionelle Bildfilteroperation veranschaulichen.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

Eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird im folgenden unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen erklärt werden. Identische Teile werden durch die Ansichten hindurch mittels derselben Bezugszeichen bezeichnet.

Eine Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung 2 der bevorzugten Ausführungsform ist auf einem Fahrzeug installiert und wird verwendet, um eine Fahrspurmarkierung auf einer Straße vor dem Fahrzeug zu erkennen. Die Fahrspurmarkierung auf der Straße zeigt eine Fahrstrecke oder Fahrbahn an, entlang der sich das Fahrzeug fortbewegt. Beispielsweise wird eine automatische Fahrtkontrolle des Fahrzeugs auf der Grundlage einer erkannten Fahrspurmarkierung durchgeführt.

Die Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung 2 weist eine CCD-Kamera 10 (CCD = Charge Coupled Device – ladungsgekoppelte Vorrichtung) und einen Erkennungsverarbeitungsteil 20 auf. Wie in Fig. 2 gezeigt, ist die CCD-Kamera 10 auf dem Fahrzeugkörper installiert, wie zum Beispiel einer Decke eines Fahrgastraums über dem Sitz eines Fahrers, um ein Bild einer Fahrstraße vor dem Fahrzeug aufzunehmen. Der Kamerawinkel ist so eingestellt, daß hauptsächlich die Fahrstraße, die sich von der Vorderseite des Fahrzeugs zu einer vorbestimmten Distanz von dem Fahrzeug weg erstreckt, enthalten ist.

Wie in Fig. 1 gezeigt ist, umfaßt der Erkennungsverarbeitungsteil 20 einen Analog-Digital-Wandler (ADC) 21, einen Vorverarbeitungsschaltkreis (ASIC) 22, einen Bildspeicher (VRAM) 23, einen Controller (CPU) 24, einen ROM 25, einen RAM 26 und einen Kommunikations-IC (COMIC) 27. Insbesondere wandelt der Analog-Digital-Wandler (ADC) 21 ein von der CCD-Kamera 10 aufgenommenes analoges Videosignal in ein digitales Videosignal um. Der ASIC 22 wendet eine vorbestimmte Vorverarbeitung auf die von dem ADC 21 erhaltenen Videodaten an. Der Videospeicher 23 speichert vorübergehend die von dem ASIC 22 erzeugten vorverarbeiteten Videodaten. Die CPU 24 führt eine vorbestimmte Verarbeitung zum Erkennen der Fahrspurmarkierung auf der Grundlage der in dem Videospeicher 23 gespeicherten Videodaten aus. Der ROM 25 speichert ein Programm, das in der CPU 24 ausgeführt werden soll. Der RAM 26 fungiert als ein Arbeitsraum für die CPU 24. Der Kommunikations-IC 27 empfängt das von der CPU 24 übertragene Ergebnis der Erkennung der Fahrspurmarkierung und sendet es zu einer externen Vorrichtung aus.

Fig. 3 ist ein Flußdiagramm, das die in dem ASIC 22 durchgeführte Vorverarbeitung zeigt.

Als erstes, in einem Schritt S1 wird das aufgenommene Bild der Straße von der CCD-Kamera 10 über den ADC 21 in den ASIC 22 eingegeben. In dem nächsten Schritt S2 wird ein Bildfilter 1 auf das aufgenommene Bild angewendet. Wie in Fig. 4A gezeigt ist, ist der Bildfilter 1 ein Matrixfilteroperator (oder ein Filteroperator, oder ein Raumfilter), der aus Filterparametern aus 3 Zeilen und 3 Spalten besteht, die auf 3x3 Pixel auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden können. Jede Zeile der Filterparameter besteht aus "-1, 0, 1".

Wie in Fig. 4D gezeigt ist, wird der Bildfilter 1 völlig von links nach rechts in der Rechts-und-Links-Richtung ebenso wie von oben nach unten in der Rauf-und-Runter-Richtung verschoben. Folglich wird der Bildfilter 1 auf den gesamten Bereich des aufgenommenen Bildes angewendet.

In jeder Verschiebeposition wird der Bildfilter 1 auf 3x3 Pixel angewendet, die ein zentrales Objektpixel enthalten. Eine Filterausgabe "E1" des Bildfilters 1, zu diesem Zeitpunkt, wird als eine Summe von Produkten entsprechender Pixelwerte und entsprechender Filterparameter erhalten.

Die folgende Gleichung wird verwendet, um die Filterausgabe E1 zu berechnen.

$$E1 = (-1) \cdot (a+b+c) + (0) \cdot (d+c+f) + (1) \cdot (g+h+i) = -a-b-c+g+h+i \quad (1)$$

wenn a, b, c, d, e, f, g, h und i entsprechende Pixelwerte (d. h., Helligkeitswerte) der Pixel sind, auf die der Bildfilter 1 angewendet wird.

Die Filterausgabe E1 eines jeden Objektpixels wird folglich durch Nacheinanderverschieben des Bildfilters 1, der auf das Objektpixel fokussiert, in der Rechts-und-Links-Richtung und der Rauf-und-Runter-Richtung erhalten.

Der Bildfilter 1 fungiert als eine Einrichtung zum Erfassen einer Helligkeitsänderung zwischen benachbarten Pixeln (d. h., einer Differenz zwischen zwei Pixelwerten). Wenn der Bildfilter 1 auf einem hellen Bereich positioniert ist, der aus Pixeln besteht, die dieselbe Helligkeit besitzen, wird die Filterausgabe E1 0. Auf dieselbe Weise wird die Filterausgabe E1 0, wenn der Bildfilter 1 auf einem dunklen Bereich positioniert ist. Wenn der Bildfilter 1 jedoch auf oder nahe der Grenze zwischen dem hellen Bereich und dem dunklen Bereich positioniert wird, wird die Filterausgabe E1 zu einem signifikanten Wert.

Zum Beispiel wird die Filterausgabe E1 zu einem negativen Wert ($E1 = -300$) an der Grenze, die einen Übergang von dem hellen Bereich (a, b, c = 200) zu dem dunklen Bereich (g, h, i = 100) entspricht. Andererseits wird die Filterausgabe E1 zu einem positiven Wert ($E1 = +300$) an der Grenze, die einen Übergang von dem dunklen Bereich (a, b, c = 100) zu dem hellen Bereich (g, h, i = 200) entspricht. Mit anderen Worten, der Bildfilter 1 kann nicht nur die Helligkeitsänderung an der Grenze zwischen den hellen und dunklen Bereichen erfassen, sondern auch die Übergangsrichtung von dem hellen Bereich zu dem dunklen Bereich oder umgekehrt.

Fig. 4E ist eine weitere Ausführungsform des Bildfilters 1, der auf dieselbe Weise wie das in Fig. 4A gezeigte Beispiel funktioniert, obwohl die Filterausgabe infolge der entgegengesetzten Anordnung der Filterparameter, d. h., "1, 0, -1", umgekehrt ist.

Der Bildfilter 1 kann ein schmaler gemachter Matrixfilteroperator sein, der aus Filterparametern aus 3 Zeilen und 2 Spalten besteht, wie in Fig. 4I' oder 4G gezeigt, wenn die Qualität des aufgenommenen Bildes scharf ist und folglich eine steile Änderung in der Helligkeitsänderung beobachtet wird.

Alternativ kann der Bildfilter 1 ein breiter gemachter Matrixfilteroperator sein, der aus Filterparametern aus 3 Zeilen und 4 Spalten besteht, wie in Fig. 4II oder 4I gezeigt, wenn die Qualität des aufgenommenen Bildes nicht scharf ist und folglich eine langsame Änderung in der Helligkeitsänderung beobachtet wird.

Jedenfalls sollte die Matrixgröße des Bildfilters 1 durch Berücksichtigung der Genauigkeit oder Stabilität in der Erfassung und der Kompliziertheit in der Verarbeitungszeit oder den Kosten bestimmt werden.

Als nächstes, in einem Schritt S3, wird ein Bildfilter 2 auf die Ausgabe des Bildfilters 1 angewendet. Wie in Fig. 4B gezeigt ist, ist der Bildfilter 2 ein weiterer Matrixfilteroperator (oder ein Filteroperator, oder ein Raumfilter), der aus Filterparametern aus 1 Zeile und 2n Spalten besteht und der auf 1x2n Pixel auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden kann. Genauer gesagt, besteht der Bildfilter 2 aus n positiven Filterparametern (+1) und n negativen Filterparametern (-1), die in der Rechts-und-Links-Richtung in dieser Reihenfolge angeordnet sind, d. h., "1, ..., 1, -1, ..., -1." Fig. 4B zeigt ein Beispiel des Bildfilters 2, der n = 10 entspricht.

Wie in Fig. 4J gezeigt ist, wird der Bildfilter 2 (n = 5 in diesem Fall zur Vereinfachung) völlig von links nach rechts in der Rechts-und-Links-Richtung ebenso wie von oben nach unten in der Rauf-und-Runter-Richtung verschoben. Folglich wird der Bildfilter 2 auf den gesamten Bereich des aufgenommenen Bildes angewendet.

In jeder Verschiebeposition wird der Bildfilter 2 auf 1x2n Pixel angewandt, die das zentrale Objektpixel enthalten. Eine Filterausgabe "E2" des Bildfilters 2 wird zu diesem Zeitpunkt als eine Summe von Produkten entsprechend der Pixelwerte und entsprechend der Filterparameter erhalten.

Die folgende Gleichung wird verwendet, um die Filterausgabe E2 zu berechnen.

$$E2 = (1) \cdot (a+b+c+d+e) + (-1) \cdot (f+g+h+i+j) = -a-b-c-d-e+f+g+h+i+j \quad (2)$$

wenn a, b, c, d, e, f, g, h, i und j Pixelwerte (d. h., Helligkeitswerte) der Pixel repräsentieren, auf die der Bildfilter 2 angewendet wird.

Die Filterausgabe E2 eines jeden Objektpixels wird folglich durch Nacheinanderverschieben des Bildfilters 2, der auf das Objektpixel fokussiert, in der Rechts-und-Links-Richtung und in der Rauf-und-Runter-Richtung erhalten.

Der Bildfilter 2 fungiert als eine Einrichtung zum Erhalten eines Drehimpulses aus der Helligkeitsänderung um das Objektpixel herum. Wenn der Bildfilter 2 in einem Bereich positioniert ist, der aus Pixeln besteht, die dieselbe Filterausgabe E1 besitzen, wird die Filterausgabe E2 0. Wenn der Bildfilter 2 jedoch in einem Bereich positioniert ist, der Pixel mit entgegengesetzten (d. h., positiven und negativen) Pixelwerten besitzt, wird die Filterausgabe E2 zu einem signifikanten Wert.

Zum Beispiel wird die Filterausgabe E2 zu einem positiven Wert ($E2 = 600$), wenn die Filterausgabe E1 a = +300, b, ..., i = 0, j = -300 ist. Wenn die Filterausgabe E2 ein positiver Wert ist, wird der Drehimpuls in der Richtung im Uhrzeigersinn bewirkt.

Der Schritt S3 erhält folglich eine Ausgabe "A" durch Anwenden des Bildfilters 2 auf die Filterausgabe des Bildfilters 1.

Fig. 5A zeigt eine Matrixanordnung eines Verbundfilters, der zu einer Faltungsausgabe des Bildfilters 1 + des Bildfilters 2 äquivalent ist. In Fig. 5A zeigen die punktierten Linien an, daß es keine Filterparameter gibt, (d. h., 0), die auf die Pixelwerte angewendet oder mit ihnen multipliziert werden sollen.

Als nächstes, in einem Schritt S4, wird ein Bildfilter 3 auf die Ausgabe des Bildfilters 1 angewendet. Wie in Fig. 4C

gezeigt ist, ist der Bildfilter 3 ein Matrixfilteroperator (oder ein Filteroperator, oder ein Raumfilter), der aus Filterparametern aus 1 Zeile und 2n Spalten besteht und der auf 1x2n Pixel auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden kann. Genauer gesagt besteht der Bildfilter 3 nur aus positiven Filterparametern, d. h., "1...1". Fig. 4C zeigt ein Beispiel des Bildfilters 3, der n = 10 entspricht.

- 5 Ähnlich wie der Bildfilter 2 wird der Bildfilter 3 auf den gesamten Bereich des aufgenommenen Bildes durch völliges Verschieben des Bildfilters 3 von links nach rechts in der Rechts-und-Links-Richtung ebenso wie von oben nach unten in der Rauf-und-Runter-Richtung angewendet.

Genauer gesagt, wird der Bildfilter 3 auf 1x2n Pixel angewendet, die ein zentrales Objektpixel enthalten. Eine Filterausgabe "E3" des Bildfilters 3 wird zu diesem Zeitpunkt als eine Summe von Produkten entsprechender Pixelwerte und entsprechender Filterparameter erhalten.

Die folgende Gleichung wird verwendet, um die Filterausgabe E3 zu berechnen.

$$E3 = (1) \cdot (a+b+c+d+e+f+g+h+i+j) = +a+b+c+d+e+f+g+h+i+j \quad (3)$$

- 15 wenn a, b, c, d, e, f, g, h, i und j Pixelwerte (d. h., Helligkeitswerte) der Pixel repräsentieren, auf die der Bildfilter 3 angewendet wird.

Die Filterausgabe E3 wird folglich durch Nacheinanderverschieben des Bildfilters 3, der das zentrale Objektpixel enthält, in der Rechts-und-Links-Richtung und in der Rauf-und-Runter-Richtung erhalten.

Der Bildfilter 3 fungiert als eine Einrichtung zum Erhalten eines akkumulativen Wertes aus den Pixelwerten (d. h. Helligkeit).

Beispielsweise wird die Filterausgabe E3 Null ($E3 = 0$), wenn die Filterausgabe E1 $a = +300$, $b, \dots, i = 0$, $j = -300$ ist. Der Schritt S4 erhält folglich eine Ausgabe "B" durch Anwenden des Bildfilters 3 auf die Filterausgabe des Bildfilters 1. Anschließend erhält ein Schritt S5 einen Absolutwert B' aus der Ausgabe "B" (d. h., $B' = \text{abs}(B)$).

Fig. 5B zeigt eine Matrixanordnung eines Verbundfilters, der einer Faltungsausgabe des Bildfilters 1 + des Bildfilters 2 äquivalent ist. In Fig. 5B zeigen die gestrichelten Linien an, daß es keine Filterparameter gibt (d. h., 0), die auf die Pixelwerte angewendet oder mit ihnen multipliziert werden sollen.

Der Bildfilter 2 und der Bildfilter 3 können auf verschiedene Weise modifiziert werden. Fig. 4K ist ein weiteres Beispiel des Bildfilters 2, der auf dieselbe Weise wie das in Fig. 4B gezeigte Beispiel funktioniert, obwohl die Gesamtzahl der Filterparameter auf 2n+1 erhöht und ein Zentralpixelwert 0 ist. Fig. 4L ist eine weitere Ausführungsform des Bildfilters 3, der auf dieselbe Weise wie das in Fig. 4C gezeigte Beispiel funktioniert, obwohl die Gesamtzahl der Filterparameter auf 2n+1 erhöht und ein Zentralpixelwert 0 ist.

Es ist ebenfalls möglich, die Zeilenanzahl der Bildfilter 2 und 3 zu erhöhen, falls erforderlich.

Der Bildfilter 2 kann entgegengesetzte Filterparameter besitzen, wie in Fig. 4M gezeigt.

Jedenfalls sollte die Matrixgröße der Bildfilter 2 und 3 unter Berücksichtigung der Genauigkeit oder Stabilität in der Erfassung und der Kompliziertheit in der Verarbeitungszeit oder den Kosten optimiert werden.

Im folgenden werden die in den Fig. 5A und 5B gezeigten Verbundfilter ausführlicher erklärt werden.

Das aufgenommene Bild besteht aus einer Vielzahl von Pixeln, die die Pixelwerte a_{ij} ($i = 1, 2, \dots, j = 1, 2, \dots$) besitzen.

Wenn der Bildfilter 1 auf einen 3x3-Pixel-Bereich angewendet wird, der ein zentrales Objektpixel (Pixelwert = a_{ij}) enthält, wird die Filterausgabe o_{ij} des Objektpixels durch die folgende Gleichung (4) ausgedrückt.

$$o_{ij} = (-1) \cdot (a_{i-1,j-1} + a_{i,j-1} + a_{i+1,j-1}) + (1) \cdot (a_{i-1,j+1} + a_{i,j+1} + a_{i+1,j+1}) \quad (4).$$

Als erstes wird die Berechnung der Filterausgabe des Bildfilters 2 erklärt. Der Bildfilter 2 wird auf das mit dem Bildfilter 1 gefilterte Bild angewendet.

Fig. 5F zeigt den Bildfilter 2, angewendet auf die zweite Zeile des durch den Bildfilter 1 verarbeiteten Bildes. Die Filterausgabe des Bildfilters 2 wird durch die folgende Gleichung (5) ausgedrückt.

$$\text{Ausgabe 2} = o_{21} + o_{22} + o_{23} + o_{24} + \dots + o_{2n-2} + o_{2n-1} + o_{2n} - o_{2n+1} - o_{2n+2} - o_{2n+3} - o_{2n+4} - \dots - o_{22n-2} - o_{22n-1} - o_{22n} \quad (5).$$

Die Gleichung (4) wird in die Gleichung (5) eingegeben.

$$\begin{aligned} \text{Ausgabe 2} = & (-1) \cdot (a_{10} + a_{20} + a_{30}) + (1) \cdot (a_{12} + a_{22} + a_{32}) \\ & + (-1) \cdot (a_{11} + a_{21} + a_{31}) + (1) \cdot (a_{13} + a_{23} + a_{33}) \\ & + (-1) \cdot (a_{12} + a_{22} + a_{32}) + (1) \cdot (a_{14} + a_{24} + a_{34}) \\ & + (-1) \cdot (a_{13} + a_{23} + a_{33}) + (1) \cdot (a_{15} + a_{25} + a_{35}) \\ & \dots \\ & + (-1) \cdot (a_{1n-3} + a_{2n-3} + a_{3n-3}) + (1) \cdot (a_{1n-1} + a_{2n-1} + a_{3n-1}) \\ & + (-1) \cdot (a_{1n-2} + a_{2n-2} + a_{3n-2}) + (1) \cdot (a_{1n} + a_{2n} + a_{3n}) \\ & + (-1) \cdot (a_{1n-1} + a_{2n-1} + a_{3n-1}) + (1) \cdot (a_{1n+1} + a_{2n+1} + a_{3n+1}) \\ & \dots \\ & - ((-1) \cdot (a_{1n} + a_{2n} + a_{3n}) + (1) \cdot (a_{1n+2} + a_{2n+2} + a_{3n+2})) \\ & - ((-1) \cdot (a_{1n+1} + a_{2n+1} + a_{3n+1}) + (1) \cdot (a_{1n+3} + a_{2n+3} + a_{3n+3})) \\ & - ((-1) \cdot (a_{1n+2} + a_{2n+2} + a_{3n+2}) + (1) \cdot (a_{1n+4} + a_{2n+4} + a_{3n+4})) \\ & - ((-1) \cdot (a_{1n+3} + a_{2n+3} + a_{3n+3}) + (1) \cdot (a_{1n+5} + a_{2n+5} + a_{3n+5})) \\ & \dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& -((-1) \cdot (a_{12n-3} + a_{22n-3} + a_{32n-3}) + (1) \cdot (a_{12n-1} + a_{22n-1} + a_{32n-1})) \\
& -((-1) \cdot (a_{12n-2} + a_{22n-2} + a_{32n-2}) + (1) \cdot (a_{12n} + a_{22n} + a_{32n})) \\
& -((-1) \cdot (a_{12n-1} + a_{22n-1} + a_{32n-1}) + (1) \cdot (a_{12n+1} + a_{22n+1} + a_{32n+1})) \\
& = (-1) \cdot (a_{10} + a_{20} + a_{30}) \\
& + (-1) \cdot (a_{11} + a_{21} + a_{31}) \\
& + (2) \cdot (a_{1n} + a_{2n} + a_{3n}) \\
& + (2) \cdot (a_{1n+1} + a_{2n+1} + a_{3n+1}) \\
& - (1) \cdot (a_{12n} + a_{22n} + a_{32n}) \\
& - (1) \cdot (a_{12n+1} + a_{22n+1} + a_{32n+1}) \quad (5').
\end{aligned}$$

Auf der Grundlage dieses Ergebnisses wird die Ausgabe des Bildfilters 2 (d. h., die Faltungsausgabe des Bildfilters 1 + des Bildfilters 2) durch den in Fig. 5A gezeigten Verbundfilter ausgedrückt.

Als nächstes wird die Berechnung der Filterausgabe des Bildfilters 3 erklärt.

Der Bildfilter 3 wird auf das mit dem Bildfilter 1 gefilterte Bild angewendet. Fig. 5G zeigt den Bildfilter 3, angewandt auf die zweite Zeile des durch den Bildfilter 1 verarbeiteten Bildes. Die Filterausgabe des Bildfilters 3 wird durch die folgende Gleichung (6) ausgedrückt.

$$\text{Ausgabe 3} = o_{21} + o_{22} + o_{23} + \dots + o_{22n-2} + o_{22n-1} + o_{22n} \quad (6).$$

Die Gleichung (4) wird in die Gleichung (6) eingegeben.

$$\begin{aligned}
\text{Ausgabe 3} &= (-1) \cdot (a_{10} + a_{20} + a_{30}) + (1) \cdot (a_{12} + a_{22} + a_{32}) \\
&+ (-1) \cdot (a_{11} + a_{21} + a_{31}) + (1) \cdot (a_{13} + a_{23} + a_{33}) \\
&+ (-1) \cdot (a_{12} + a_{22} + a_{32}) + (1) \cdot (a_{14} + a_{24} + a_{34}) \\
&\dots \\
&\dots \\
&+ (-1) \cdot (a_{12n-3} + a_{22n-3} + a_{32n-3}) + (1) \cdot (a_{12n-1} + a_{22n-1} + a_{32n-1}) \\
&+ (-1) \cdot (a_{12n-2} + a_{22n-2} + a_{32n-2}) + (1) \cdot (a_{12n} + a_{22n} + a_{32n}) \\
&+ (-1) \cdot (a_{12n-1} + a_{22n-1} + a_{32n-1}) + (1) \cdot (a_{12n+1} + a_{22n+1} + a_{32n+1}) \\
&= (-1) \cdot (a_{10} + a_{20} + a_{30}) \\
&+ (-1) \cdot (a_{11} + a_{21} + a_{31}) \\
&+ (1) \cdot (a_{12n} + a_{22n} + a_{32n}) \\
&+ (1) \cdot (a_{12n+1} + a_{22n+1} + a_{32n+1}) \quad (6').
\end{aligned}$$

Auf der Grundlage dieses Ergebnisses wird die Ausgabe des Bildfilters 3 (d. h., die Faltungsausgabe des Bildfilters 1 + des Bildfilters 3) durch den in Fig. 5B gezeigten Verbundfilter ausgedrückt.

Wie oben beschrieben, ist der Bildfilter 1 nicht auf den einen in Fig. 4A gezeigten begrenzt.

Zum Beispiel kann der Bildfilter 1 von Fig. 4E verwendet werden. In diesem Fall ist es vorteilhaft, den in Fig. 4N gezeigten Bildfilter 2 zu verwenden, dessen Filterparameter vollständig entgegengesetzt zu jenen von Fig. 4B sind. Diese Kombination wird später erklärt werden. Der sich ergebende Verbundfilter aus dem Bildfilter 1 + Bildfilter 2 ist identisch mit jenem, der in Fig. 5A gezeigt ist. Der Verbundfilter aus dem Bildfilter 1 + Bildfilter 3 ist in Fig. 5C gezeigt, dessen Filterparameter vollständig entgegengesetzt zu den in Fig. 5B gezeigten sind.

Alternativ kann der Bildfilter 1 von Fig. 4F verwendet werden. In diesem Fall ist der sich ergebende Verbundfilter aus Bildfilter 1 + Bildfilter 2 in Fig. 5D gezeigt. Der Verbundfilter aus dem Bildfilter 1 + Bildfilter 3 ist in Fig. 5E gezeigt.

Zurückkehrend zu dem Flußdiagramm von Fig. 3, werden die Verarbeitung, die in Schritt S3 durchgeführt wird, und die Verarbeitung, die in den Schritten S4 und S5 durchgeführt wird, gleichzeitig ausgeführt, obwohl die konkrete Datenverarbeitung und Berechnungen in einem Computer (z. B. CPU) entsprechend einem Hauptprogramm mit Unterbrechungen durchgeführt werden.

Als nächstes, in einem Schritt S6, wird eine Differenz C (= A-B') als eine die Fahrspurmarkierung repräsentierende Merkmalsgröße erhalten.

Dann, in einem Schritt S7, wird die Differenz C', die die Fahrspurmerkmalsgröße repräsentiert, an den Videospeicher 23 ausgegeben.

Eine praxistaugliche Verarbeitung der oben beschriebenen Filteroperation der vorliegenden Erfindung wird auf die folgende Weise durchgeführt.

Fig. 6A zeigt ein aufgenommenes Originalbild, das eine helle Fahrspurmarkierung (M) enthält, die auf einer dunklen Straße (R) gezogen oder aufgedruckt ist. Es wird nun angenommen, daß eine Abtastoperation an den Pixeln durchgeführt wird, die entlang einer horizontalen Linie X-Y ausgerichtet sind.

Fig. 6B zeigt eine Pixelwertverteilung (d. h., Helligkeitsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y. Da die Fahrspurmarkierung M heller als die Straße R ist, besitzt ein Bereich, der der hellen Fahrspurmarkierung M entspricht, eine große Signalintensität verglichen mit dem restlichen Bereich, der der Straße R entspricht.

Fig. 6C zeigt eine Pixelwertverteilung (d. h., Helligkeitsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, nachdem der Bildfilter 1 auf das Originalbild von Fig. 6A angewendet ist.

In der Abtastrichtung von links nach rechts beginnt das Ausgabesignal des Bildfilters 1 zuzunehmen, wenn sich der Abtastpunkt der hellen Fahrspurmarkierung M nähert, und besitzt einen großen positiven Spitzenwert in einem Bereich, der einer linken Kante der hellen Fahrspurmarkierung M entspricht. Dann bleibt das Ausgabesignal des Bildfilters 1 auf einem niedrigen (0) Pegel, wenn sich der Abtastpunkt gänzlich auf der hellen Fahrspurmarkierung M befindet. Dann beginnt das Ausgabesignal des Bildfilters 1 abzunehmen, wenn sich der Abtastpunkt der Straße R nähert, und besitzt einen

großen negativen Spitzenwert in einem Bereich, der einer rechten Kante der hellen Fahrspurmarkierung M entspricht. Dann bleibt das Ausgabesignal des Bildfilters 1 auf einem niedrigen (0) Pegel, wenn sich der Abtastpunkt gänzlich auf der Straße R befindet. Mit anderen Worten, der Bildfilter 1 erzeugt ein Paar von positiven und negativen Spitzenwerten, die voneinander in einem Bereich "V" beabstandet sind, der der hellen Fahrspurmarkierung M entspricht.

- 5 Wie unter Bezug auf die Fig. 4A und 4D erklärt wurde, fungiert der Bildfilter 1 als eine Einrichtung zum Erfassen einer Helligkeitsänderung zwischen benachbarten Pixeln (d. h., einer Differenz zwischen zwei Pixelwerten). Wenn der Bildfilter 1 gänzlich auf einem Bereich gleichmäßiger Helligkeit positioniert ist, ist die Ausgabe Null. Wenn der Bildfilter 1 auf oder nahe der Grenze zwischen dem hellen Bereich und dem dunklen Bereich positioniert ist, wird die Ausgabe zu einem signifikanten Wert als Reaktion auf die Helligkeitsänderung. Weiterhin zeigt ein positives Ausgabesignal des
10 Bildfilters 1 einen Übergang von dem dunklen Bereich zu dem hellen Bereich an. Andererseits zeigt ein negatives Ausgabesignal des Bildfilters 1 einen Übergang von dem hellen Bereich zu dem dunklen Bereich an. In dieser Hinsicht kann der Bildfilter 1 als ein Umrißlinien- oder Konturverstärkungsfilter bezeichnet werden, der geeignet ist, positive und negative Spitzenwerte zu erzeugen, die den Kanten der hellen Fahrspurmarkierung M entsprechen.

- Fig. 6D zeigt eine Pixelwertverteilung (d. h., Drehimpulsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird,
15 nachdem der Bildfilter 2 auf das Bild von Fig. 6C angewendet ist. Der Bildfilter 2 besteht aus n positiven Filterparametern (+1) und n negativen Filterparametern (-1), d. h., "1, ..., 1, -1, ..., -1", die auf die $1 \times 2n$ Pixel auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden können, wie unter Bezug auf Fig. 4B erklärt wurde. Es wird nun angenommen, daß der Bildfilter 2 auf den Bereich angewendet wird, der die helle Fahrspurmarkierung M ganz enthält.

- In diesem Fall ist die linke Kante der hellen Fahrspurmarkierung M in dem Bildfilter 2 links positioniert, und die
20 rechte Kante der hellen Fahrspurmarkierung M ist in dem Bildfilter 2 rechts positioniert. Folglich wird, auf der Grundlage des mit dem Bildfilter 1 verarbeiteten Bildes, der positive Ausgabewert, der der linken Kante der hellen Fahrspurmarkierung M entspricht, mit dem positiven Filterparameter (+1) des Bildfilters 2 multipliziert und ein positiver großer Wert erzeugt. Der negative Ausgabewert, der der rechten Kante der hellen Fahrspurmarkierung M entspricht, wird mit dem negativen Filterparameter (-1) des Bildfilters 2 multipliziert und ein positiver großer Wert erzeugt. Als ein Ergebnis
25 erzeugt der Bildfilter 2 eine Summe aus positiven Werten, die den Drehimpuls (siehe Fig. 6C) repräsentiert, der in der Richtung im Uhrzeigersinn um das Zentrum (d. h., Objektpixel) des Bildfilters 2 herum bewirkt wird. Dies ist der Grund, warum die Ausgabe des Bildfilters 2 im Zentrum der hellen Fahrspurmarkierung M wie in Fig. 6D gezeigt einen positiven Spitzenwert (d. h., maximalen Drehimpuls) annimmt.

- Kurz gesagt, der Bildfilter 1 erzeugt ein gefiltertes Bild der Straße, das verstärkte Umrißlinien oder Konturen der
30 hellen Fahrspurmarkierung M enthält. Der Bildfilter 2 erzeugt ein weiteres gefiltertes Bild der Straße, das die Drehimpulsgrößen um das Zentrum (d. h., Objektpixel) des Bildfilters 2 herum enthält. In diesem Fall wird die Ausgabe des Bildfilters 1 (d. h., Umrißlinienverstärkungswert) als eine Vektorgröße um das Zentrum (d. h. Objektpixel) des Bildfilters 2 herum betrachtet. Wenn die Ausgabe des Bildfilters 2 ein positiver großer Wert ist, ist die Mutmaßlichkeit oder Wahrscheinlichkeit der hellen Fahrspurmarkierung M erhöht.

- 35 In einem weiteren Aspekt kann der Bildfilter 2 als eine Einrichtung zum Erfassen einer symmetrischen Anordnung von positiven und negativen Pixelwerten (d. h., Umrißlinienverstärkungswerten des Bildfilters 1) in Bezug auf das Zentrum (d. h., Objektpixel) des Bildfilters 2 betrachtet werden.

Fig. 6E zeigt eine Pixelwertverteilung (Absolutwertverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, nachdem der Bildfilter 3 auf das Bild von Fig. 6C angewendet ist.

- 40 Der Bildfilter 3 besteht aus $2n$ positiven Filterparametern, d. h., "1, ..., 1", die auf $1 \times 2n$ Pixel auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden können, wie unter Bezug auf Fig. 4C erklärt wurde. Es wird nun angenommen, daß der Bildfilter 3 auf den Bereich angewendet wird, der die helle Fahrspurmarkierung M ganz enthält.

- In diesem Fall wird die linke Kante der hellen Fahrspurmarkierung M in dem Bildfilter 3 links positioniert, und die
45 rechte Kante der hellen Fahrspurmarkierung M wird in dem Bildfilter 3 rechts positioniert. Folglich wird, auf der Grundlage des mit dem Bildfilter 1 verarbeiteten Bildes, der Ausgabewert des Bildfilters 1 mit +1 (d. h., dem Filterparameter des Bildfilters 3) multipliziert. Der Bildfilter 1 erzeugt eine positive Ausgabe als Reaktion auf die linke Kante der hellen Fahrspurmarkierung M und eine negative Ausgabe als Reaktion auf die rechte Kante der hellen Fahrspurmarkierung M. Diese positiven und negativen Ausgaben annullieren sich gegenseitig, wenn sie als eine Ausgabe des Bildfilters 3 aufsummiert werden. Dies ist der Grund, warum die Ausgabe des Bildfilters 3 im Zentrum der hellen Fahrspurmarkierung M
50 0 ist (siehe Fig. 6E).

- Der Bildfilter 3 erzeugt eine positive Ausgabe in dem linken Bereich der Abtastlinie X-Y, da der Bildfilter 1 einen positiven Spitzenwert an der linken Kante der hellen Fahrspurmarkierung M erzeugt. Der Bildfilter 3 erzeugt eine negative Ausgabe in dem rechten Bereich der Abtastlinie X-Y, da der Bildfilter 1 einen negativen Spitzenwert an der rechten Kante der hellen Fahrspurmarkierung M erzeugt, wie in Fig. 6E durch eine gepunktete Linie gezeigt ist.

- 55 Die Ausgabe des Bildfilters 3 wird anschließend in einen Absolutwert umgewandelt, wie es in Fig. 6E durch eine durchgezogene Linie angezeigt ist.

- Folglich erzeugt der Bildfilter 3 einen akkumulativen Absolutwert der Pixelwerte des mit dem Bildfilter 1 gefilterten Bildes (d. h., eine Summe der Absolutwerte der Umrißlinienverstärkungswerte). Dementsprechend reagiert die Ausgabe des Bildfilters 3 auf die Änderung der Ausgabe des Bildfilters 1, wobei der steilen Änderung der Ausgabe des Bildfilters
60 1 eine mäßige Änderung folgt wie es in Fig. 6F durch die gepunktete Linie gezeigt ist.

Fig. 6F zeigt eine Pixelwertverteilung (Differenzwertverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, indem man den Absolutwert der Ausgabe des Bildfilters 3 (d. h., den akkumulativen Absolutwert der Pixelwerte) von der Ausgabe des Bildfilters 2 (d. h., dem Drehimpuls der Pixelwerte) subtrahiert.

- Wie aus Fig. 6F ersichtlich ist, erzeugt der sich ergebende Differenzwert einen großen Positiven Wert in dem Bereich,
65 der der hellen Fahrspurmarkierung M entspricht. Mit anderen Worten, dieser Differenzwert ist ein guter Anzeiger, der die Merkmale der hellen Fahrspurmarkierung M repräsentiert. Bei einer praxistauglichen Datenverarbeitung kann die helle Fahrspurmarkierung M sicher erfaßt werden, indem man eine geeignete positive Schwelle Th einrichtet bzw. einstellt, wie in Fig. 6F gezeigt.

Fig. 7A zeigt ein von der CCD-Kamera 10 aufgenommenes Originalbild einer Straße. Fig. 7B zeigt ein Bild der Straße, das erhalten wird, nachdem der Bildfilter 1 auf das Originalbild von Fig. 7A angewendet ist. Wie vergrößert gezeigt ist, ist die Umrißlinie oder Kontur der hellen Fahrspurmarkierung verstärkt, und die Helligkeit an den rechten und linken Kanten der hellen Fahrspurmarkierung ist entgegengesetzt. Fig. 7C zeigt ein Bild der Straße, das erhalten wird, indem man den Absolutwert der Ausgabe des Bildfilters 3 (d. h., den akkumulativen Absolutwert der Pixelwerte) von der Ausgabe des Bildfilters 2 (d. h., dem Drehimpuls der Pixelwerte) subtrahiert.

Das aufgenommene Bild kann eine dunkle Fahrspurmarkierung enthalten, die in diesem Fall eine falsche Fahrspurmarkierung ist. Die vorliegende Erfindung kann die dunkle Fahrspurmarkierung sicher von der hellen Fahrspurmarkierung unterscheiden.

Fig. 8A zeigt ein weiteres aufgenommenes Originalbild, das eine dunkle Fahrspurmarkierung (M') enthält, die auf einer dunklen Straße (R) gezogen oder aufgedruckt ist. Es wird nun angenommen, daß eine Abtastoperation an den Pixeln durchgeführt wird, die entlang einer horizontalen Linie X-Y ausgerichtet sind.

Fig. 8B zeigt eine Pixelwertverteilung (d. h., Helligkeitsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y. Da die Fahrspurmarkierung M' dunkler als die Straße R ist, besitzt ein Bereich, der der dunklen Fahrspurmarkierung M' entspricht, eine kleinere Signalintensität im Vergleich zu dem restlichen Bereich, der der Straße R entspricht.

Fig. 8C zeigt eine Pixelwertverteilung (d. h., Helligkeitsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, nachdem der Bildfilter 1 auf das Originalbild von Fig. 8A angewendet ist.

In der Abtastrichtung von links nach rechts beginnt das Ausgabesignal des Bildfilters 1 abzunehmen, wenn sich der Abtastpunkt der dunklen Fahrspurmarkierung M' nähert, und besitzt einen großen negativen Spitzenwert in einem Bereich, der der linken Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' entspricht. Dann bleibt das Ausgabesignal des Bildfilters 1 auf einem niedrigen (0) Pegel, wenn sich der Abtastpunkt gänzlich auf der dunklen Fahrspurmarkierung M' befindet. Dann beginnt das Ausgabesignal des Bildfilters 1 zuzunehmen, wenn sich der Abtastpunkt der Straße R nähert, und besitzt einen großen positiven Wert in einem Bereich, der der rechten Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' entspricht. Dann bleibt das Ausgabesignal des Bildfilters 1 auf einem niedrigen (0) Pegel, wenn sich der Abtastpunkt ganz auf der Straße R befindet. Mit anderen Worten, der Bildfilter 1 erzeugt ein Paar von negativen und positiven Spitzenwerten, die voneinander in dem Bereich "V" beabstandet sind, der der dunklen Fahrspurmarkierung M' entspricht.

Wie oben erklärt wurde, fungiert der Bildfilter 1 als eine Einrichtung zum Erfassen einer Helligkeitsänderung zwischen benachbarten Pixeln (d. h., einer Differenz zwischen zwei Pixelwerten). Wenn der Bildfilter 1 gänzlich auf einem Bereich gleichmäßiger Helligkeit positioniert ist, ist seine Ausgabe Null. Wenn der Bildfilter 1 auf oder nahe der Grenze zwischen dem hellen Bereich und dem dunklen Bereich positioniert ist, wird die Ausgabe als Reaktion auf die Helligkeitsänderung zu einem signifikanten Wert. Weiterhin zeigt ein positives Ausgabesignal des Bildfilters 1 einen Übergang von dem dunklen Bereich zu dem hellen Bereich an. Andererseits zeigt ein negatives Ausgabesignal des Bildfilters 1 einen Übergang von dem hellen Bereich zu dem dunklen Bereich an.

Fig. 8D zeigt eine Pixelwertverteilung (d. h., Drehimpulsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, nachdem der Bildfilter 2 auf das Bild von Fig. 8C angewendet ist. Der Bildfilter 2 besteht aus n positiven Filterparametern (+1) und n negativen Filterparametern (-1), d. h., "1... 1, -1... -1", die auf $1 \times 2n$ Pixel auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden können, wie oben erklärt wurde. Es wird nun angenommen, daß der Bildfilter 2 auf den Bereich angewendet wird, der die dunkle Fahrspurmarkierung M' ganz enthält.

Die linke Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' wird in dem Bildfilter 2 links positioniert, und die rechte Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' wird in dem Bildfilter 2 rechts positioniert. Folglich wird, auf der Grundlage des mit dem Bildfilter 1 verarbeiteten Bildes, der negative Ausgabewert, der der linken Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' entspricht, mit dem Positiven Filterparameter (+1) des Bildfilters 2 multipliziert und ein negativer großer Wert erzeugt. Der positive Ausgabewert, der der rechten Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' entspricht, wird mit dem negativen Filterparameter (-1) des Bildfilters 2 multipliziert und ein negativer großer Wert erzeugt. Als ein Ergebnis erzeugt der Bildfilter 2 eine Summe von negativen Werten, die den Drehimpuls repräsentieren (siehe Fig. 8C), der in der Richtung im Gegenuhrzeigersinn um das Zentrum (d. h., Objektpixel) des Bildfilters 2 herum bewirkt wird. Dies ist der Grund, warum die Ausgabe des Bildfilters 2 einen negativen Spitzenwert (d. h., minimalen Drehimpuls) im Zentrum der dunklen Fahrspurmarkierung M' annimmt, wie in Fig. 8D gezeigt. In dieser Ausführungsform wird dem Drehimpuls im Uhrzeigersinn ein positives Vorzeichen zugewiesen, und dem Drehimpuls im Gegenuhrzeigersinn wird ein negatives Vorzeichen zugewiesen.

Der Bildfilter 1 erzeugt folglich ein gefiltertes Bild der Straße, das die verstärkten Umrißlinien oder Konturen der dunklen Fahrspurmarkierung M' enthält (siehe Fig. 8C), obwohl die Pixelwerte entgegengesetzt zu jenen sind, die in Fig. 6C gezeigt sind. Der Bildfilter 2 erzeugt das gefilterte Bild der Straße, das die Drehimpulsgrößen um das Zentrum (d. h., Objektpixel) des Bildfilters 2 herum enthält.

Fig. 8E zeigt eine Pixelwertverteilung (Absolutwertverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, nachdem der Bildfilter 3 auf das Bild von Fig. 8C angewendet ist.

Der Bildfilter 3 besteht aus $2n$ positiven Filterparametern, d. h., "1... 1", die auf $1 \times 2n$ Pixel auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden können, wie oben erklärt wurde. Es wird nun angenommen, daß der Bildfilter 3 auf den Bereich angewendet wird, der die dunkle Fahrspurmarkierung M' gänzlich enthält.

Die linke Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' wird in dem Bildfilter 3 links positioniert, und die rechte Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' wird in dem Bildfilter 3 rechts positioniert. Folglich wird, auf der Grundlage des mit dem Bildfilter 1 verarbeiteten Bildes, der Ausgabewert des Bildfilters 1 mit +1 (d. h., dem Filterparameter des Bildfilters 3) multipliziert. Der Bildfilter 1 erzeugt als Reaktion auf die linke Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' eine negative Ausgabe und eine positive Ausgabe als Reaktion auf die rechte Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M'. Diese negativen und positiven Ausgaben annullieren einander, wenn sie als eine Ausgabe des Bildfilters 3 aufsummiert werden. Dies ist der Grund, warum die Ausgabe des Bildfilters 3 im Zentrum der Fahrspurmarkierung M' 0 ist (siehe Fig. 8E).

Der Bildfilter 3 erzeugt eine negative Ausgabe in dem linken Bereich der Abtastlinie X-Y, da der Bildfilter 1 einen negativen Spitzenwert an der linken Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' erzeugt. Der Bildfilter 3 erzeugt eine posi-

tive Ausgabe in dem rechten Bereich der Abtastlinie X-Y, da der Bildfilter 1 einen Positiven Spitzenwert an der rechten Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' erzeugt, wie es in Fig. 8E durch eine punktierte Linie gezeigt ist.

Die Ausgabe des Bildfilters 3 wird anschließend in einen Absolutwert umgewandelt, wie es in Fig. 8E durch eine durchgezogene Linie angezeigt ist.

- 5 Folglich erzeugt der Bildfilter 3 einen akkumulativen Absolutwert der Pixelwerte des mit dem Bildfilter 1 gefilterten Bildes (d. h., eine Summe der Absolutwerte der Umrisslinienverstärkungswerte). Die Ausgabe des Bildfilter 3 reagiert auf die Änderung der Ausgabe des Bildfilters 1, wobei der steilen Änderung der Ausgabe des Bildfilters 1 eine mäßige Änderung folgt, wie es in Fig. 8E durch die punktierte Linie gezeigt ist.

- 10 Fig. 8F zeigt eine Pixelwertverteilung (Differenzwertverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, indem man den Absolutwert der Ausgabe des Bildfilters 3 (d. h., den akkumulativen Absolutwert der Pixelwerte) von der Ausgabe des Bildfilters 2 (d. h., dem Drehimpuls der Pixelwerte) subtrahiert.

- Wie aus Fig. 8F ersichtlich ist, erzeugt der sich ergebende Differenzwert einen großen negativen Wert in dem der dunklen Fahrspurmarkierung M' entsprechenden Bereich, der vollkommen entgegengesetzt zu dem großen positiven Wert der hellen Fahrspurmarkierung M ist (d. h., der echten Fahrspurmarkierung). Dementsprechend erfaßt die positive Schwelle Th (siehe Fig. 6F) nicht die dunkle Fahrspurmarkierung M' (d. h., die falsche Fahrspurmarkierung). Mit anderen Worten, die dunkle Fahrspurmarkierung M' kann außer acht gelassen werden. Auf diese Weise kann die dunkle Fahrspurmarkierung M' von der hellen Fahrspurmarkierung M auf der Grundlage des sich ergebenden Differenzwertes sicher unterschieden werden.

- Das aufgenommene Bild kann außer der Fahrspurmarkierung Rauschbilder enthalten. Die vorliegende Erfindung kann 20 solche Rauschbilder von der echten Fahrspurmarkierung (d. h., der hellen Fahrspurmarkierung in dieser Ausführungsform) sicher unterscheiden.

- Fig. 9A zeigt ein aufgenommenes Originalbild, das einen dunklen Bereich und einen hellen Bereich (verschieden von der hellen Fahrspurmarkierung M) enthält. Es wird nun angenommen, daß eine Abtastoperation an den Pixeln durchgeführt wird, die entlang einer horizontalen Linie X-Y ausgerichtet sind, die die Grenze zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich kreuzt.

Fig. 9B zeigt eine Pixelwertverteilung (d. h. Helligkeitsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y. Der dunkle Bereich besitzt verglichen mit dem hellen Bereich eine kleinere Signalintensität.

Fig. 9C zeigt eine Pixelwertverteilung (d. h. Helligkeitsänderungsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, nachdem der Bildfilter 1 auf das Originalbild von Fig. 9A angewendet ist.

- 30 In der Abtastrichtung von links nach rechts besitzt das Ausgabesignal des Bildfilters 1 einen großen positiven Spitzenwert in einem Bereich, der der Grenze zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich entspricht. Das Ausgabesignal des Bildfilters 1 bleibt in dem restlichen Bereich auf einem niedrigen (0) Pegel. Mit anderen Worten, der Bildfilter 1 erzeugt einen einzelnen positiven Spitzenwert an der Grenze zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich.

- Wie oben erklärt wurde, fungiert der Bildfilter 1 als eine Einrichtung zum Erfassen einer Helligkeitsänderung zwischen benachbarten Pixeln (d. h., einer Differenz zwischen zwei Pixelwerten). Der Bildfilter 1 erzeugt ein positives Ausgabesignal in einem Übergangsbereich von dem dunklen Bereich zu dem hellen Bereich.

- Fig. 9D zeigt eine Pixelwertverteilung (d. h., Drehimpulsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, nachdem der Bildfilter 2 auf das Bild von Fig. 9C angewendet ist. Der Bildfilter 2 besteht aus n positiven Filterparametern (+1) und n negativen Filterparametern (-1), d. h., "1, ..., 1, -1, ..., -1", die auf $1 \times 2n$ Pixel auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden können, wie oben erklärt wurde.

- Die Grenze zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich wird in dem Bildfilter 2 rechts positioniert, wenn sich der Bildfilter 2 an der linken Seite der Abtastlinie X-Y befindet. Der positive Spitzenwert wird folglich mit dem negativen Filterparameter (-1) des Bildfilters 2 multipliziert und ein negativer großer Wert erzeugt. Andererseits ist die Grenze zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich in dem Bildfilter 2 links positioniert, wenn sich der Bildfilter 2 an der rechten Seite der Abtastlinie X-Y befindet. Der positive Spitzenwert wird folglich mit dem positiven Filterparameter (+1) des Bildfilters 2 multipliziert und ein Positiver großer Wert erzeugt, wie in Fig. 9D gezeigt ist.

Fig. 9E zeigt eine Pixelwertverteilung (Absolutwertverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, nachdem der Bildfilter 3 auf das Bild von Fig. 9D angewendet ist.

- Der Bildfilter 3 besteht aus $2n$ positiven Filterparametern, d. h., "1, ..., 1", die auf $1 \times 2n$ Pixel auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden können, wie oben erklärt wurde.

Der Positive Spitzenwert wird folglich mit dem positiven Filterparameter (+1) des Bildfilters 3 in dem gesamten Bereich der Abtastlinie X-Y multipliziert.

Die Ausgabe des Bildfilters 3 wird anschließend in einen Absolutwert umgewandelt, wie es in Fig. 9E durch eine durchgezogene Linie angezeigt ist, obwohl die Ausgabe des Bildfilters 3 in diesem Fall positiv ist.

- 55 Fig. 9F zeigt eine Pixelwertverteilung (Differenzwertverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, indem man den Absolutwert der Ausgabe des Bildfilters 3 von der Ausgabe des Bildfilters 2 subtrahiert.

- Wie aus Fig. 9F ersichtlich ist, erzeugt der sich ergebende Differenzwert einen großen negativen Wert im linken Bereich der Abtastlinie X-Y. Dementsprechend wird der Übergang von dem dunklen Bereich zu dem hellen Bereich durch die positive Schwelle Th (siehe Fig. 6F) nicht erfaßt. Auf diese Weise erfaßt die positive Schwelle Th nicht das Rauschbild der dunklen und hellen Bereiche. Mit anderen Worten, das Rauschbild der dunklen und hellen Bereiche kann auf der Grundlage des sich ergebenden Differenzwertes von der echten (d. h., hellen) Fahrspurmarkierung sicher unterschieden werden.

- Fig. 10A zeigt ein weiteres aufgenommenes Originalbild, das gegenüberliegend angeordnete helle und dunkle Bereiche enthält. Es wird nun angenommen, daß eine Abtastoperation an den Pixeln durchgeführt wird, die entlang einer horizontalen Linie X-Y ausgerichtet sind, die die Grenze zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich kreuzt.

Fig. 10B zeigt eine Pixelwertverteilung (d. h., Helligkeitsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y. Der helle Bereich besitzt verglichen mit dem dunklen Bereich eine größere Signalintensität.

Fig. 10C zeigt eine Pixelwertverteilung (d. h., Helligkeitsänderungsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, nachdem der Bildfilter 1 auf das Originalbild von Fig. 10A angewendet ist.

ten wird, nachdem der Bildfilter 1 auf das Originalbild von Fig. 10A angewendet ist.

In der Abtastrichtung von links nach rechts besitzt das Ausgabesignal des Bildfilters 1 einen großen negativen Spitzenwert in einem Bereich, der der Grenze zwischen dem hellen Bereich und dem dunklen Bereich entspricht. Das Ausgabesignal des Bildfilters 1 bleibt in dem restlichen Bereich auf einem niedrigen (0) Pegel. Mit anderen Worten, der Bildfilter 1 erzeugt einen einzelnen negativen Spitzenwert an der Grenze zwischen dem hellen Bereich und dem dunklen Bereich.

Wie oben erklärt wurde, fungiert der Bildfilter 1 als eine Einrichtung zum Erfassen einer Helligkeitsänderung zwischen benachbarten Pixeln (d. h., einer Differenz zwischen zwei Pixelwerten). Der Bildfilter 1 erzeugt ein negatives Ausgabesignal in einem Übergangsbereich von dem hellen Bereich zu dem dunklen Bereich.

Fig. 10D zeigt eine Pixelwertverteilung (d. h., Drehimpulsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, nachdem der Bildfilter 2 auf das Bild von Fig. 10C angewendet ist. Der Bildfilter 2 besteht aus n positiven Filterparametern (+1) und n negativen Filterparametern (-1), d. h., "1, ..., 1, -1, ..., -1", die auf $1 \times 2n$ Pixel auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden können, wie oben erklärt wurde.

Die Grenze zwischen dem hellen Bereich und dem dunklen Bereich wird in dem Bildfilter 2 rechts positioniert, wenn sich der Bildfilter 2 an der linken Seite der Abtastlinie X-Y befindet. Der negative Spitzenwert wird folglich mit dem negativen Filterparameter (-1) des Bildfilters 2 multipliziert und ein positiver großer Wert erzeugt. Andererseits wird die Grenze zwischen dem hellen Bereich und dem dunklen Bereich in dem Bildfilter 2 links positioniert, wenn sich der Bildfilter 2 an der rechten Seite der Abtastlinie X-Y befindet. Der negative Spitzenwert wird folglich mit dem positiven Filterparameter (+1) des Bildfilters 2 multipliziert und ein negativer großer Wert erzeugt, wie in Fig. 10D gezeigt.

Fig. 10E zeigt eine Pixelwertverteilung (Absolutwertverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, nachdem der Bildfilter 3 auf das Bild von Fig. 10C angewendet ist.

Der Bildfilter 3 besteht aus $2n$ positiven Filterparametern, d. h., "1, ..., 1", die auf $1 \times 2n$ Pixel auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden können, wie oben erklärt wurde.

Der negative Spitzenwert wird folglich mit dem positiven Filterparameter (+1) des Bildfilters 3 in dem ganzen Bereich der Abtastlinie X-Y multipliziert.

Die Ausgabe des Bildfilters 3 (ein negativer Wert in diesem Fall) wird anschließend in einen Absolutwert umgewandelt, wie es in Fig. 10E durch eine durchgezogene Linie angezeigt ist.

Fig. 10F zeigt eine Pixelwertverteilung (Differenzwertverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, indem man den Absolutwert der Ausgabe des Bildfilters 3 von der Ausgabe des Bildfilters 2 subtrahiert.

Wie aus Fig. 10F ersichtlich ist, erzeugt der sich ergebende Differenzwert einen großen negativen Wert in dem rechten Bereich der Abtastlinie X-Y. Dementsprechend wird der Übergang von dem hellen Bereich zu dem dunklen Bereich durch die positive Schwelle T_h (siehe Fig. 6F) nicht erfaßt. Auf diese Weise erfaßt die positive Schwelle T_h nicht das Rauschbild der hellen und dunklen Bereiche. Mit anderen Worten, das Rauschbild der hellen und dunklen Bereiche kann auf der Grundlage des sich ergebenden Differenzwertes von der echten (d. h., hellen) Fahrspurmarkierung sicher unterschieden werden.

Der ASIC 22 entfernt folglich unnötige oder Rauschbilder von dem aufgenommenen Bild der Straße mittels Durchführen der oben beschriebenen Vorverarbeitung und erzeugt ein optimiertes Bild, das nur die echte Fahrspurmarkierung enthält.

Die CPU 24 führt eine vorbestimmte Fahrspurmarkierungserkennung auf der Grundlage des von dem ASIC 22 erzeugten vorverarbeiteten Bilds der Straße durch. Weiterhin führt die CPU 24 eine vorbestimmte Fahrzeugfahrtkontrolle auf der Grundlage des Ergebnisses der Fahrspurmarkierungserkennung durch.

Fig. 11 zeigt ein praxistaugliches Beispiel der Fahrspurmarkierungserkennung und Fahrzeugkontrollverarbeitung, die mit Unterbrechungen in vorbestimmten Intervallen in der CPU 24 oder einem separaten vergleichbaren Computer durchgeführt wird.

Als erstes, in einem Schritt S11, wird ein vorverarbeitetes Bild der Straße von dem Bildspeicher 23, der die von dem ASIC 22 erzeugten Videodaten vorübergehend speichert, in die CPU 24 eingegeben. In einem Schritt S12 erhält die CPU auf der Grundlage des vorverarbeiteten Bilds der Straße eine Position der Fahrspurmarkierung. In einem Schritt S13 berechnet die CPU 24 eine Fahrzeugposition relativ in Bezug auf die erfaßte Fahrspurmarkierung. Dann, in den nachfolgenden Schritten S14 bis S17, kontrolliert die CPU 24 einen Steuerwinkel, eine Motorlast, eine Fahrzeuggeschwindigkeit und einen Übergang des Fahrzeuges auf der Grundlage einer erfaßten Beziehung zwischen dem Fahrzeug und der Fahrspurmarkierung.

Die Breite der Fahrspurmarkierung ist nicht immer konstant. Ein aufgenommenes Bild kann eine Vielzahl von Fahrspurmarkierungen enthalten, die in ihrer Breite verschieden sind. Eine bestimmte Fahrspurmarkierung, die zum Beispiel bei einer Abzweigung oder einem Vereinigungsbereich gezogen ist, kann dicker als eine gewöhnliche Fahrspurmarkierung sein. Die Breite der Fahrspurmarkierung kann absichtlich variiert werden, um sie voneinander zu unterscheiden, zum Beispiel wenn eine Vielzahl von Wegen auf dem Fußboden der Fabrik präpariert sind, die das automatisch geführte Fahrzeug verwendet. In solch einem Fall ist es vorteilhaft, alle unnötigen Fahrspurmarkierungen zu eliminieren.

Zu diesem Zweck ermöglicht es die vorliegende Erfindung, die Größe der Bildfilter 2 und 3 zu ändern.

Fig. 12A zeigt ein Beispiel des Bildfilters 2, der eine zentrale tote Zone mit einer vorbestimmten Breite enthält, so daß von dieser toten Zone keine Pixelwerte (d. h., der Drehimpuls und der Absolutwert) erhalten werden.

Wenn der Bildfilter 2 mit einer toten Zone auf die schmalere Fahrspurmarkierung angewendet wird, können die Helligkeitsänderungen, die an beiden Enden der Fahrspurmarkierung auftreten, nicht gleichzeitig registriert werden.

Die Fahrspurmarkierungsmerkmalsgröße wird nicht erfaßt. Folglich ermöglicht es die Bereitstellung der toten Zone, jede Fahrspurmarkierung, die schmäler als die tote Zone ist, vollständig zu entfernen. Mit anderen Worten, die erfaßbaren Fahrspurmarkierungen können im wesentlichen auf die Fahrspurmarkierungen begrenzt werdend die breiter als die tote Zone und schmäler als die Breite des Filters sind.

Als erstes wird die Berechnung der Filterausgabe des Bildfilters 2 von Fig. 12A erklärt.

Fig. 5H zeigt den Bildfilter 2 (Fig. 12A), der auf die zweite Zeile des mit dem Bildfilter 1 verarbeiteten Bildes ange-

wendet wird. Die Filterausgabe des Bildfilters 2 wird durch die folgende Gleichung (7) ausgedrückt.

$$\text{Ausgabe 2} = o_{21}+o_{22}+o_{23}+o_{24} + \dots + o_{2n-2}+o_{2n-1}+o_{2n} \\ -o_{2m+1}-o_{2m+2}-o_{2m+3}-o_{2m+4} \dots -o_{2m+n-2}-o_{2m+n-1}-o_{2m+n} \quad (7).$$

5

Die Gleichung (4) wird in die Gleichung (7) eingegeben.

$$\begin{aligned} \text{Ausgabe 2} &= (-1) \cdot (a_{10}+a_{20}+a_{30})+(1) \cdot (a_{12}+a_{22}+a_{32}) \\ &+(-1) \cdot (a_{11}+a_{21}+a_{31})+(1) \cdot (a_{13}+a_{23}+a_{33}) \\ 10 \quad &+(-1) \cdot (a_{12}+a_{22}+a_{32})+(1) \cdot (a_{14}+a_{24}+a_{34}) \\ &+(-1) \cdot (a_{13}+a_{23}+a_{33})+(1) \cdot (a_{15}+a_{25}+a_{35}) \\ &\dots \\ &\dots \\ &+(-1) \cdot (a_{1n-3}+a_{2n-3}+a_{3n-3})+(1) \cdot (a_{1n-1}+a_{2n-1}+a_{3n-1}) \\ 15 \quad &+(-1) \cdot (a_{1n-2}+a_{2n-2}+a_{3n-2})+(1) \cdot (a_{1n}+a_{2n}+a_{3n}) \\ &+(-1) \cdot (a_{1n-1}+a_{2n-1}+a_{3n-1})+(1) \cdot (a_{1n+1}+a_{2n+1}+a_{3n+1}) \\ &\dots \\ &\dots \\ &-((-1) \cdot (a_{1m}+a_{2m}+a_{3m})+(1) \cdot (a_{1m+2}+a_{2m+2}+a_{3m+2})) \\ 20 \quad &-((-1) \cdot (a_{1m+1}+a_{2m+1}+a_{3m+1})+(1) \cdot (a_{1m+3}+a_{2m+3}+a_{3m+3})) \\ &-((-1) \cdot (a_{1m+2}+a_{2m+2}+a_{3m+2})+(1) \cdot (a_{1m+4}+a_{2m+4}+a_{3m+4})) \\ &-((-1) \cdot (a_{1m+3}+a_{2m+3}+a_{3m+3})+(1) \cdot (a_{1m+5}+a_{2m+5}+a_{3m+5})) \\ &\dots \\ &\dots \\ 25 \quad &-((-1) \cdot (a_{1m+n-3}+a_{2m+n-3}+a_{3m+n-3})+(1) \cdot (a_{1m+n-1}+a_{2m+n-1}+a_{3m+n-1})) \\ &-((-1) \cdot (a_{1m+n-2}+a_{2m+n-2}+a_{3m+n-2})+(1) \cdot (a_{1m+n}+a_{2m+n}+a_{3m+n})) \\ &-((-1) \cdot (a_{1m+n-1}+a_{2m+n-1}+a_{3m+n-1})+(1) \cdot (a_{1m+n+1}+a_{2m+n+1}+a_{3m+n+1})) \\ &= (-1) \cdot (a_{10}+a_{20}+a_{30}) \\ &+(-1) \cdot (a_{11}+a_{21}+a_{31}) \\ 30 \quad &+(1) \cdot (a_{1n}+a_{2n}+a_{3n}) \\ &+(1) \cdot (a_{1n+1}+a_{2n+1}+a_{3n+1}) \\ &-(-1) \cdot (a_{1m}+a_{2m}+a_{3m}) \\ &-(-1) \cdot (a_{1m+1}+a_{2m+1}+a_{3m+1}) \\ &-(-1) \cdot (a_{1m+n}+a_{2m+n}+a_{3m+n}) \\ 35 \quad &-(-1) \cdot (a_{1m+n+1}+a_{2m+n+1}+a_{3m+n+1}) \quad (7'). \end{aligned}$$

Auf der Grundlage dieses Ergebnisses wird die Ausgabe des Bildfilters 2 (d. h., die Faltungsausgabe des Bildfilters 1 + des Bildfilters 2) durch den in Fig. 13A gezeigten Verbundfilter ausgedrückt.

Fig. 12B zeigt ein Beispiel des Bildfilters 3, der die selbe zentrale tote Zone wie jene aus Fig. 12A enthält, so daß keine Pixelwerte (d. h., der Drehimpuls und der Absolutwert) aus dieser toten Zone erhalten werden.

Als nächstes wird die Berechnung der Filterausgabe des Bildfilters 3 erklärt.

Fig. 5I zeigt den Bildfilter 3 (Fig. 12B), der auf die zweite Zeile des mittels des Bildfilters 1 verarbeiteten Bildes angewendet wird. Die Filterausgabe des Bildfilters 3 wird durch die folgende Gleichung (8) ausgedrückt.

$$\text{Ausgabe 3} = o_{21}+o_{22}+o_{23}+o_{24} \dots +o_{2n-2}+o_{2n-1}+o_{2n}+ \\ o_{2m+1}+o_{2m+2}+o_{2m+3}+o_{2m+4} \dots +o_{2m+n-2}+o_{2m+n-1}+o_{2m+n} \quad (8).$$

Die Gleichung (4) wird in die Gleichung (8) eingegeben.

$$\begin{aligned} \text{Ausgabe 3} &= (-1) \cdot (a_{10}+a_{20}+a_{30})+(1) \cdot (a_{12}+a_{22}+a_{32}) \\ &+(-1) \cdot (a_{11}+a_{21}+a_{31})+(1) \cdot (a_{13}+a_{23}+a_{33}) \\ &+(-1) \cdot (a_{12}+a_{22}+a_{32})+(1) \cdot (a_{14}+a_{24}+a_{34}) \\ &+(-1) \cdot (a_{13}+a_{23}+a_{33})+(1) \cdot (a_{15}+a_{25}+a_{35}) \\ &\dots \\ 55 \quad &\dots \\ &+(-1) \cdot (a_{1n-3}+a_{2n-3}+a_{3n-3})+(1) \cdot (a_{1n-1}+a_{2n-1}+a_{3n-1}) \\ &+(-1) \cdot (a_{1n-2}+a_{2n-2}+a_{3n-2})+(1) \cdot (a_{1n}+a_{2n}+a_{3n}) \\ &+(-1) \cdot (a_{1n-1}+a_{2n-1}+a_{3n-1})+(1) \cdot (a_{1n+1}+a_{2n+1}+a_{3n+1}) \\ &\dots \\ 60 \quad &\dots \\ &+(-1) \cdot (a_{1m}+a_{2m}+a_{3m})+(1) \cdot (a_{1m+2}+a_{2m+2}+a_{3m+2}) \\ &+(-1) \cdot (a_{1m+1}+a_{2m+1}+a_{3m+1})+(1) \cdot (a_{1m+3}+a_{2m+3}+a_{3m+3}) \\ &+(-1) \cdot (a_{1m+2}+a_{2m+2}+a_{3m+2})+(1) \cdot (a_{1m+4}+a_{2m+4}+a_{3m+4}) \\ &+(-1) \cdot (a_{1m+3}+a_{2m+3}+a_{3m+3})+(1) \cdot (a_{1m+5}+a_{2m+5}+a_{3m+5}) \\ 65 \quad &\dots \\ &\dots \\ &+(-1) \cdot (a_{1m+n-3}+a_{2m+n-3}+a_{3m+n-3})+(1) \cdot (a_{1m+n-1}+a_{2m+n-1}+a_{3m+n-1}) \\ &+(-1) \cdot (a_{1m+n-2}+a_{2m+n-2}+a_{3m+n-2})+(1) \cdot (a_{1m+n}+a_{2m+n}+a_{3m+n}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& +(-1) \cdot (a1m+n-1+a2m+n-1+a3m+n-1) + (1) \cdot a1m+n+1+a2m+n+1+a3m+n+1) \\
& = (-1) \cdot (a10+a20+a30) \\
& +(-1) \cdot (a11+a21+a31) \\
& + (1) \cdot (a1n+a2n+a3n) \\
& + (1) \cdot (a1n+1+a2n+1+a3n+1) \\
& +(-1) \cdot (a1m+a2m+a3m) \\
& +(-1) \cdot (a1m+1+a2m+1+a3m+1) \\
& + (1) \cdot (a1m+n+a2m+n+a3m+n) \\
& + (1) \cdot (a1m+n+1+a2m+n+1+a3m+n+1) \quad (8').
\end{aligned}$$

Auf der Grundlage dieses Ergebnisses wird die Ausgabe des Bildfilters 3 (d. h., die Faltungsausgabe des Bildfilters 1 + des Bildfilters 3) durch den in Fig. 13B gezeigten Verbundfilter ausgedrückt.

Die Länge der toten Zone ist gleich $(m-n)$ Pixel, und die Filterlänge ist gleich $(m+n)$ Pixel. Die Größe der toten Zone und der Bildfilter 2 und 3 kann folglich durch Ändern der Werte von "m" und "n" beliebig modifiziert werden.

Die Fig. 14A bis 14D zeigen ein Originalbild einer Straße und einige Beispiele der konkret durch Verwendung des Bildfilters der vorliegenden Erfindung erhaltenen Bilder der Straße.

Fig. 14A zeigt ein Originalbild einer Straße, das eine erste Fahrspurmarkierung M1 mit einer gewöhnlichen Breite und eine zweite Fahrspurmarkierung M2 mit einer breiteren Breite (ungefähr zweimal die gewöhnliche Breite) enthält.

Fig. 14B zeigt ein Bild der Straße, das unter Verwendung der Bildfilter 2 und 3 mit keiner toten Zone erhalten wurde. Beide der Fahrspurmarkierungen M1 und M2 werden klar erfaßt.

Fig. 14C zeigt ein Bild der Straße, das unter Verwendung der Bildfilter 2 und 3 erhalten wurde, die breiter als die erste Fahrspurmarkierung M1 und schmaler als die zweite Fahrspurmarkierung M2 sind. Nur die erste Fahrspurmarkierung M1 wird klar erfaßt.

Fig. 14D zeigt ein Bild der Straße, das unter Verwendung der Bildfilter 2 und 3 erhalten wurde, die breiter als die zweite Fahrspurmarkierung M2 sind und eine zentrale tote Zone besitzen, die breiter als die erste Fahrspurmarkierung M1 ist. Nur die zweite Fahrspurmarkierung M2 wird klar erfaßt.

Auf diese Weise ermöglicht es die Anpassung der Filterbreite und der Breite der toten Zone, eine gewünschte Fahrspurmarkierung nur durch Entfernen der anderen Fahrspurmarkierungen zu erhalten.

Die CCD-Kamera 10 befindet sich üblicherweise an der Decke über dem Sitz des Fahrers im Fahrgastraum des Fahrzeuges, wie in Fig. 2 gezeigt. Ein Bild des Bildes der vor dem Fahrzeug liegenden Straße wird folglich von der CCD-Kamera 10 entsprechend der perspektivischen Darstellung aufgenommen. Sogar wenn die Straße eine konstante Breite besitzt, ist die Breite der Straße auf dem aufgenommenen Bild infolge der perspektivischen Darstellung in dem unteren Bereich (d. h., an der nahen Seite) breiter und in dem oberen Bereich (d. h., an der fernen Seite) schmaler.

Dementsprechend paßt die vorliegende Erfindung die Filterbreite und die Breite der toten Zone an, um so eine Breite zu besitzen, die an der unteren Seite (d. h., nahen Seite) des aufgenommenen Bildes breiter und an der oberen Seite (d. h., fernen Seite) des aufgenommenen Bildes schmaler gemacht ist.

In diesem Fall ist es vorteilhaft, die Anpassung der Filterbreite und der Breite der toten Zone auf der Grundlage einer auf das aufgenommene Bild angewendeten perspektivischen Transformation durchzuführen.

Beim konkreten Einstellen des Kamerawinkels der CCD-Kamera 10 wird der Horizont HL bei einer Höhe positioniert, die von dem Oberteil durch eine vorbestimmte vertikale Distanz beabstandet ist, die äquivalent zu 1/3 der vertikalen Gesamtlänge des aufgenommenen Bildes ist. In diesem Fall gibt es keine Straße R und keine Fahrspurmarkierung M im oberen Ein-Drittel-Bereich des aufgenommenen Bildes. Folglich ist es vorteilhaft, die Filterbreite in einem vorbestimmten oberen Bereich des aufgenommenen Bildes, wo keine Fahrspurmarkierung M vorhanden ist, auf Null zu setzen. Mit dieser Einstellung wird es möglich, unnötige Bildverarbeitung zu eliminieren.

Der vorbestimmte obere Bereich, der keine Fahrspurmarkierung M enthält, wird als ein Bereich betrachtet, der höher als eine Position der Fahrspurmarkierung M im Unendlichen auf dem aufgenommenen Bild liegt.

Weiterhin, um eine vereinfachte Verarbeitung des aufgenommenen Bildes zu realisieren, ist es vorteilhaft, daß sich die Bildfilter 2 und 3 in einer horizontalen Richtung des aufgenommenen Bildes erstrecken, da die Bildverarbeitung im allgemeinen in Bezug auf die horizontale Richtung und die vertikale Richtung des aufgenommenen Bildes durchgeführt wird.

Insbesondere erstreckt sich die Fahrspurmarkierung M auf dem aufgenommenen Bild in der Rauf-und-Runter-Richtung, obwohl durch die perspektivische Darstellung gezeigt.

Folglich kreuzt die horizontale Verarbeitungszone die Fahrspurmarkierung M senkrecht. Dies ist vorteilhaft zur effektiven und genauen Durchführung der Vorverarbeitung des aufgenommenen Bildes, um die Fahrspurmarkierung M zu erfassen.

Jedoch erstreckt sich die Straße R nicht immer geradeaus und ändert ihre Krümmung entsprechend den Umweltbedingungen flexibel. Falls sich das Fahrzeug auf einer kurvigen Straße fortbewegt, kann sich die Fahrspurmarkierung M auf dem aufgenommenen Bild anstatt in der vertikalen Richtung in der horizontalen Richtung erstrecken. In diesem Fall ist es vorteilhaft, daß sich die Bildfilter 2 und 3 in der vertikalen Richtung ebenso wie in der horizontalen Richtung des aufgenommenen Bildes erstrecken können.

Kurz gesagt, ist es vorteilhaft, daß die Bildfilter 2 und 3 entlang einer Richtung, auf dem aufgenommenen Bild eingerichtet werden, die senkrecht zu der Fahrspurmarkierung M ist.

Das aufgenommene Bild der Straße R und der Fahrspurmarkierung M bewirkt keine plötzliche und steile Änderung. Die gegenwärtige Position der Fahrspurmarkierung M ist fast identisch mit oder sehr nahe zu der zuvor erfaßten Position der Fahrspurmarkierung M. Dementsprechend, um die Vorverarbeitung des aufgenommenen Bildes zu vereinfachen und die wesentliche Zeit und die Kosten in dieser Vorverarbeitung zu verringern, optimiert die vorliegende Erfindung den Neigungswinkel der Bildfilter 2 und 3 auf der Grundlage einer zuvor in der Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung, in die die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes eingebaut ist, erfaßten Position der Fahrspur-

markierung M.

Obwohl die oben beschriebene Vorverarbeitung des aufgenommenen Bildes in dem ASIC 22 durchgeführt wird, erübrigt es sich zu sagen, daß die oben beschriebene Vorverarbeitung des aufgenommenen Bildes in der CPU 24 durchgeführt werden kann.

- 5 Die Fahrspurmarkierung ist nicht auf eine helle Fahrspurmarkierung begrenzt. Zum Beispiel können dunkle Führungslinien auf einem relativ hellen Fußboden in einer Fabrik aufgedruckt sein, die ein automatisch geführtes Fahrzeug verwendet.

In diesem Fall ist eine dunkle Fahrspurmarkierung eine echte Fahrspurmarkierung, die erfaßt werden soll. Entsprechend der vorliegenden Erfindung gibt es zwei Verfahren zum Erfassen der dunklen Fahrspurmarkierung.

- 10 Das erste Verfahren wird erklärt.

Fig. 17A zeigt ein aufgenommenes Originalbild, das eine dunkle Fahrspurmarkierung M' enthält, die auf einer hellen Straße R gezogen oder aufgedruckt ist. Es wird nun angenommen, daß eine Abtastoperation an den Pixeln durchgeführt wird, die entlang einer horizontalen Linie X-Y ausgerichtet sind.

- 15 Fig. 17B zeigt eine Pixelwertverteilung (d. h., Helligkeitsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y. Da die Fahrspurmarkierung M' dunkler als die Straße R ist, besitzt ein Bereich, der der dunklen Fahrspurmarkierung M' entspricht, eine kleine Signalintensität verglichen mit dem restlichen Bereich, der der Straße R entspricht.

Fig. 17C zeigt eine Pixelwertverteilung (d. h., Helligkeitsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, nachdem der Bildfilter 1 auf das Originalbild von Fig. 17A angewendet ist.

- 20 Entsprechend der ersten Methode wird der Bildfilter 1 von Fig. 4A durch den in Fig. 4E gezeigten Bildfilter 1 ersetzt.

- In der Abtastrichtung von links nach rechts beginnt das Ausgabesignal des Bildfilters 1 zuzunehmen, wenn sich der Abtastpunkt der dunklen Fahrspurmarkierung M' nähert, und besitzt einen großen positiven Spitzenwert in einem Bereich, der einer linken Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' entspricht. Dann bleibt das Ausgabesignal des Bildfilters 1 auf einem niedrigen (0) Pegel, wenn sich der Abtastpunkt gänzlich auf der dunklen Fahrspurmarkierung M' befindet. Dann beginnt das Ausgabesignal des Bildfilters 1 abzunehmen, wenn sich der Abtastpunkt der Straße R nähert, und besitzt einen großen negativen Spitzenwert in einem Bereich, der einer rechten Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' entspricht. Dann bleibt das Ausgabesignal des Bildfilters 1 auf einem niedrigen (0) Pegel, wenn sich der Abtastpunkt ganz auf der Straße R befindet. Folglich erzeugt der Bildfilter 1 ein Paar von positiven und negativen Spitzenwerten, die voneinander in einem Bereich "V" beabstandet sind, der der dunklen Fahrspurmarkierung M' entspricht.

- Fig. 17D zeigt eine Pixelwertverteilung (d. h., Drehimpulsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, nachdem der Bildfilter 2 auf das Bild von Fig. 17C angewendet ist. Der Bildfilter 2 besteht aus n positiven Filterparametern (+1) und n negativen Filterparametern (-1), d. h., "1, . . . 1, -1, . . . -1", die auf $1 \times 2n$ Pixel auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden können, wie unter Bezug auf Fig. 4B erklärt wurde. Es wird nun angenommen, daß der Bildfilter 2 auf den Bereich angewendet wird, der die dunkle Fahrspurmarkierung M' ganz enthält.

- Die linke Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' wird in dem Bildfilter 2 links positioniert, und die rechte Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' wird in dem Bildfilter 2 rechts positioniert. Folglich, auf der Grundlage des mit dem Bildfilter 1 verarbeiteten Bildes, wird der positive Ausgabewert, der der linken Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' entspricht, mit dem positiven Filterparameter (+1) des Bildfilters 2 multipliziert, was einen positiven großen Wert erzeugt. Der negative Ausgabewert, der der rechten Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' entspricht, wird mit dem negativen Filterparameter (-1) des Bildfilters 2 multipliziert, was einen positiven großen Wert erzeugt. Als ein Ergebnis erzeugt der Bildfilter 2 eine Summe von positiven Werten, die den Drehimpuls (siehe Fig. 17C) repräsentieren, der in der Richtung im Uhrzeigersinn um das Zentrum (d. h., Objektpixel) des Bildfilters 2 herum bewirkt wird. Folglich nimmt die Ausgabe des Bildfilters 2 einen positiven Spitzenwert (d. h., maximalen Drehimpuls) im Zentrum der dunklen Fahrspurmarkierung M' an, wie in Fig. 17D gezeigt.

- Fig. 17E zeigt eine Pixelwertverteilung (Absolutwertverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, nachdem der Bildfilter 3 auf das Bild von Fig. 17C angewendet ist.

Der Bildfilter 3 besteht aus $2n$ positiven Filterparametern, d. h., "1, . . . 1", die auf $1 \times 2n$ Pixel auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden können, wie unter Bezug auf Fig. 4C erklärt wurde. Es wird nun angenommen, daß der Bildfilter 3 auf den Bereich angewendet wird, der die dunkle Fahrspurmarkierung M' ganz enthält.

- In diesem Fall wird die linke Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' in dem Bildfilter 3 links positioniert, und die rechte Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' wird in dem Bildfilter 3 rechts positioniert. Folglich wird, auf der Grundlage des mit dem Bildfilter 1 verarbeiteten Bildes, der Ausgabewert des Bildfilters 1 mit +1 (d. h., dem Filterparameter des Bildfilters 3) multipliziert. Der Bildfilter 1 erzeugt eine positive Ausgabe als Reaktion auf die linke Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' und eine negative Ausgabe als Reaktion auf die rechte Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M'. Diese positiven und negativen Ausgaben annullieren einander, wenn sie als eine Ausgabe des Bildfilters 3 aufsummiert werden. Die Ausgabe des Bildfilters 3 ist im Zentrum der dunklen Fahrspurmarkierung M' 0 (siehe Fig. 17E).

- Der Bildfilter 3 erzeugt eine positive Ausgabe in dem linken Bereich der Abtastlinie X-Y, da der Bildfilter 1 einen positiven Spitzenwert an der linken Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' erzeugt. Der Bildfilter 3 erzeugt eine negative Ausgabe in dem rechten Bereich der Abtastlinie X-Y, da der Bildfilter 1 einen negativen Spitzenwert an der rechten Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' erzeugt, wie es in Fig. 17F durch eine gepunktete Linie gezeigt ist.

Die Ausgabe des Bildfilters 3 wird anschließend in einen Absolutwert umgewandelt, wie es in Fig. 17E durch eine durchgezogene Linie angezeigt ist.

- Fig. 17F zeigt eine Pixelwertverteilung (Differenzwertverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, indem man den Absolutwert der Ausgabe des Bildfilters 3 (d. h., den akkumulativen Absolutwert der Pixelwerte) von der Ausgabe des Bildfilters 2 (d. h., dem Drehimpuls der Pixelwerte) subtrahiert.

Wie aus Fig. 17F ersichtlich ist, erzeugt der sich ergebende Differenzwert einen großen positiven Wert in dem Bereich, der der dunklen Fahrspurmarkierung M' entspricht. Dieser Differenzwert ist ein guter Anzeiger, der die Merkmale der dunklen Fahrspurmarkierung M' repräsentiert. Folglich kann die dunkle Fahrspurmarkierung M' durch Einstellen der po-

sitiven Schwelle Th sicher erfaßt werden, wie in Fig. 17F gezeigt.

Das zweite Verfahren wird erklärt.

Fig. 18A zeigt das aufgenommene Originalbild, das mit Fig. 17A identisch ist.

Fig. 18B zeigt die Pixelwertverteilung (d. h., Helligkeitsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die ebenfalls identisch mit Fig. 17B ist.

Fig. 18C zeigt eine Pixelwertverteilung (d. h., Helligkeitsänderungsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, nachdem der Bildfilter 1 auf das Originalbild von Fig. 18A angewendet ist.

Gemäß dem zweiten Verfahren wird der Bildfilter 1 von Fig. 4A verwendet.

In der Abtastrichtung von links nach rechts beginnt das Ausgabesignal des Bildfilters 1 abzunehmen, wenn der Abtastpunkt sich der dunklen Fahrspurmarkierung M' nähert, und besitzt einen großen negativen Spitzenwert in einem Bereich, der der linken Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' entspricht. Dann bleibt das Ausgabesignal des Bildfilters 1 auf einem niedrigen (0) Pegel, wenn sich der Abtastpunkt ganz auf der dunklen Fahrspurmarkierung M' befindet. Dann beginnt das Ausgabesignal des Bildfilters 1 zuzunehmen, wenn sich der Abtastpunkt der Straße R nähert, und besitzt einen großen positiven Spitzenwert in einem Bereich, der der rechten Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' entspricht. Dann bleibt das Ausgabesignal des Bildfilters 1 auf einem niedrigen (0) Pegel, wenn sich der Abtastpunkt ganz auf der Straße R befindet. Folglich erzeugt der Bildfilter 1 ein Paar von negativen und positiven Spitzenwerten, die voneinander in dem Bereich "V" beabstandet sind, der der dunklen Fahrspurmarkierung M' entspricht.

Fig. 18D zeigt eine Pixelwertverteilung (d. h., Drehimpulsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, nachdem der Bildfilter 2 auf das Bild von Fig. 18C angewendet ist.

Gemäß dem zweiten Verfahren wird der Bildfilter 2 von Fig. 4B durch den in Fig. 4N gezeigten Bildfilter 2 ersetzt, der aus n negativen Filterparametern (-1) und n positiven Filterparametern ($+1$) besteht, d. h., $-1, \dots, -1, 1, \dots, 1$, die auf $1 \times 2n$ Pixel auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden können. Es wird nun angenommen, daß der Bildfilter 2 (Fig. 4N) auf den Bereich angewendet wird, der die dunkle Fahrspurmarkierung M' ganz enthält.

Die linke Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' wird in dem Bildfilter 2 links positioniert, und die rechte Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' wird in dem Bildfilter 2 rechts positioniert. Folglich, auf der Grundlage des mit dem Bildfilter 1 verarbeiteten Bildes, wird der negative Ausgabewert, der der linken Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' entspricht, mit dem negativen Filterparameter (-1) des Bildfilters 2 multipliziert, was einen positiven großen Wert erzeugt. Der positive Ausgabewert, der der rechten Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' entspricht, wird mit dem positiven Filterparameter ($+1$) des Bildfilters 2 multipliziert, was einen positiven großen Wert erzeugt. Als ein Ergebnis erzeugt der Bildfilter 2 eine Summe von positiven Werten, die den Drehimpuls repräsentieren (siehe Fig. 18C), der in der Richtung im Gegenuhrzeigersinn um das Zentrum (d. h., Objektpixel) des Bildfilters 2 herum bewirkt wird. Folglich nimmt die Ausgabe des Bildfilters 2 einen positiven Spitzenwert (d. h., maximalen Drehimpuls) im Zentrum der dunklen Fahrspurmarkierung M' an, wie in Fig. 18D gezeigt.

Fig. 18E zeigt eine Pixelwertverteilung (Absolutwertverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, nachdem der Bildfilter 3 auf das Bild von Fig. 18C angewendet ist.

Der Bildfilter 3 besteht aus $2n$ positiven Filterparametern, d. h., $1, \dots, 1$, die auf $1 \times 2n$ Pixel auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden können, wie unter Bezug auf Fig. 4C erklärt wurde. Es wird nun angenommen, daß der Bildfilter 3 auf den Bereich angewendet wird, der die dunkle Fahrspurmarkierung M' ganz enthält.

In diesem Fall wird die linke Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' in dem Bildfilter 3 links positioniert und die rechte Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' wird in dem Bildfilter 3 rechts positioniert. Folglich wird, auf der Grundlage des mit dem Bildfilter 1 verarbeiteten Bildes, der Ausgabewert des Bildfilters 1 mit $+1$ (d. h., dem Filterparameter des Bildfilters 3) multipliziert. Der Bildfilter 1 erzeugt eine negative Ausgabe als Reaktion auf die linke Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' und eine positive Ausgabe als Reaktion auf die rechte Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' . Diese positiven und negativen Ausgaben annullieren einander, wenn sie als eine Ausgabe des Bildfilters 3 aufsummiert werden. Die Ausgabe des Bildfilters 3 ist im Zentrum der dunklen Fahrspurmarkierung M' 0 (siehe Fig. 18E).

Der Bildfilter 3 erzeugt eine negative Ausgabe in dem linken Bereich der Abtastlinie X-Y, da der Bildfilter 1 einen negativen Spitzenwert an der linken Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' erzeugt. Der Bildfilter 3 erzeugt eine positive Ausgabe in dem rechten Bereich der Abtastlinie X-Y, da der Bildfilter 1 einen positiven Spitzenwert an der rechten Kante der dunklen Fahrspurmarkierung M' erzeugt, wie es in Fig. 18E durch eine punktierte Linie gezeigt ist.

Die Ausgabe des Bildfilters 3 wird anschließend in einen Absolutwert umgewandelt, wie es in Fig. 18E durch eine durchgezogene Linie angezeigt ist.

Fig. 18F zeigt eine Pixelwertverteilung (Differenzwertverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, indem man den Absolutwert der Ausgabe des Bildfilters 3 (d. h., den akkumulativen Absolutwert der Pixelwerte) von der Ausgabe des Bildfilters 2 (d. h., dem Drehimpuls der Pixelwerte) subtrahiert.

Wie aus Fig. 18F ersichtlich ist, erzeugt der sich ergebende Differenzwert einen großen positiven Wert in dem Bereich, der der dunklen Fahrspurmarkierung M' entspricht. Dieser Differenzwert ist ein guter Anzeiger, der die Merkmale der dunklen Fahrspurmarkierung M' repräsentiert. Folglich kann die dunkle Fahrspurmarkierung M' durch Einstellen der positiven Schwelle Th , wie in Fig. 18F gezeigt, sicher erfaßt werden.

Auf die gleiche Weise kann die helle Fahrspurmarkierung (echte Fahrspurmarkierung) unter Verwendung einer anderen Kombination der Bildfilter erfaßt werden.

Fig. 19A zeigt das aufgenommene Originalbild, das identisch mit Fig. 6A ist.

Fig. 19B zeigt die Pixelwertverteilung (d. h., Helligkeitsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die ebenfalls mit Fig. 6B identisch ist.

Fig. 19C zeigt eine Pixelwertverteilung (d. h., Helligkeitsänderungsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, nachdem der Bildfilter 1 auf das Originalbild von Fig. 19A angewendet ist.

In diesem Fall wird der Bildfilter 1 von Fig. 4A durch den in Fig. 4E gezeigten Bildfilter 1 ersetzt.

In der Abtastrichtung von links nach rechts beginnt das Ausgabesignal des Bildfilters 1 abzunehmen, wenn sich der

Abtastpunkt der hellen Fahrspurmarkierung M nähert, und besitzt einen großen negativen Pixelwert in einem Bereich, der der linken Kante der hellen Fahrspurmarkierung M entspricht. Dann bleibt das Ausgangssignal des Bildfilters 1 auf einem niedrigen (0) Pegel, wenn sich der Abtastpunkt ganz auf der hellen Fahrspurmarkierung M befindet. Dann beginnt das Ausgangssignal des Bildfilters 1 zuzunehmen, wenn sich der Abtastpunkt der Straße R nähert, und besitzt einen großen positiven Spitzenwert in einem Bereich, der der rechten Kante der hellen Fahrspurmarkierung M entspricht. Dann bleibt das Ausgangssignal des Bildfilters 1 auf einem niedrigen (0) Pegel, wenn sich der Abtastpunkt ganz auf der Straße R befindet. Folglich erzeugt der Bildfilter 1 ein Paar von negativen und positiven Spitzenwerten, die voneinander in dem Bereich "V" beabstandet sind, der der hellen Fahrspurmarkierung M entspricht.

Fig. 19D zeigt eine Pixelwertverteilung (d. h., Drehimpulsverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, nachdem der Bildfilter 2 auf das Bild von Fig. 19C angewendet ist.

Entsprechend diesem Verfahren wird der Bildfilter 2 von Fig. 4B durch den in Fig. 4N gezeigten Bildfilter 2 ersetzt, der aus n negativen Filterparametern (-1) und n positiven Filterparametern (+1) besteht, d. h., "-1, ..., -1, 1, ..., 1", die auf $1 \times 2n$ Pixel auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden können. Es wird nun angenommen, daß der Bildfilter 2 (Fig. 4N) auf den Bereich angewendet wird, der die helle Fahrspurmarkierung M ganz enthält.

Die linke Kante der hellen Fahrspurmarkierung M wird in dem Bildfilter 2 links positioniert, und die rechte Kante der hellen Fahrspurmarkierung M wird in dem Bildfilter 2 rechts positioniert. Folglich wird, auf der Grundlage des mit dem Bildfilter 1 verarbeiteten Bildes, der negative Ausgangswert, der der linken Kante der hellen Fahrspurmarkierung M entspricht, mit dem negativen Filterparameter (-1) des Bildfilters 2 multipliziert, was einen positiven großen Wert erzeugt. Der positive Ausgangswert, der der rechten Kante der hellen Fahrspurmarkierung M entspricht, wird mit dem positiven Filterparameter (+1) des Bildfilters 2 multipliziert, was einen positiven großen Wert erzeugt. Als ein Ergebnis erzeugt der Bildfilter 2 eine Summe von positiven Werten, die den Drehimpuls repräsentieren (siehe Fig. 19C), der in der Richtung im Gegenuhrzeigersinn um das Zentrum (d. h., Objektpixel) des Bildfilters 2 herum bewirkt wird. Folglich nimmt die Ausgabe des Bildfilters 2 einen positiven Spitzenwert (d. h., maximalen Drehimpuls) im Zentrum der hellen Fahrspurmarkierung M an, wie in Fig. 19D gezeigt.

Fig. 19E zeigt eine Pixelwertverteilung (Absolutwertverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, nachdem der Bildfilter 3 auf das Bild von Fig. 19C angewendet ist.

Der Bildfilter 3 besteht aus $2n$ positiven Filterparametern, d. h., "1, ..., 1", die auf $1 \times 2n$ Pixel auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden können, wie in Bezug auf Fig. 4C erklärt wurde. Es wird nun angenommen, daß der Bildfilter 3 auf den Bereich angewendet wird, der die helle Fahrspurmarkierung M ganz enthält.

In diesem Fall wird die linke Kante der hellen Fahrspurmarkierung M in dem Bildfilter 3 links positioniert und die rechte Kante der hellen Fahrspurmarkierung M wird in dem Bildfilter 3 rechts positioniert. Folglich wird, auf der Grundlage des mit dem Bildfilter 1 verarbeiteten Bildes, der Ausgangswert des Bildfilters 1 mit +1 (d. h., dem Filterparameter des Bildfilters 3) multipliziert. Der Bildfilter 1 erzeugt eine negative Ausgabe als Reaktion auf die linke Kante der hellen Fahrspurmarkierung M und eine positive Ausgabe als Reaktion auf die rechte Kante der hellen Fahrspurmarkierung M. Diese positiven und negativen Ausgaben annullieren einander, wenn sie als eine Ausgabe des Bildfilters 3 aufsummiert werden. Die Ausgabe des Bildfilters 3 ist im Zentrum der hellen Fahrspurmarkierung M 0 (siehe Fig. 19E).

Der Bildfilter 3 erzeugt eine negative Ausgabe in dem linken Bereich der Abtastlinie X-Y, da der Bildfilter 1 einen negativen Spitzenwert an der linken Kante der hellen Fahrspurmarkierung M erzeugt. Der Bildfilter 3 erzeugt eine positive Ausgabe in dem rechten Bereich der Abtastlinie X-Y, da der Bildfilter 1 einen positiven Spitzenwert an der rechten Kante der hellen Fahrspurmarkierung M erzeugt, wie es in Fig. 19E durch eine punktierte Linie gezeigt ist.

Die Ausgabe des Bildfilters 3 wird anschließend in einen Absolutwert umgewandelt, wie es in Fig. 19E durch eine durchgezogene Linie angezeigt ist.

Fig. 19F zeigt eine Pixelwertverteilung (Differenzwertverteilung) entlang der Abtastlinie X-Y, die erhalten wird, indem man den Absolutwert der Ausgabe des Bildfilters 3 (d. h., den akkumulativen Absolutwert der Pixelwerte) von der Ausgabe des Bildfilters 2 (d. h., dem Drehimpuls der Pixelwerte) subtrahiert.

Wie aus Fig. 19F ersichtlich ist, erzeugt der sich ergebende Differenzwert einen großen positiven Wert in dem Bereich, der der hellen Fahrspurmarkierung M entspricht. Dieser Differenzwert ist ein guter Anzeiger, der die Merkmale der hellen Fahrspurmarkierung M repräsentiert. Folglich kann die helle Fahrspurmarkierung M durch Einstellen der positiven Schwelle Th sicher erfaßt werden, wie in Fig. 19F gezeigt.

Diese Erfindung kann durch mehrere Formen verkörpert werden, ohne von dem Geist ihrer wesentlichen Eigenschaften abzuweichen. Die so beschriebenen gegenwärtigen Ausführungsformen sind folglich nur veranschaulichend und nicht einschränkend gedacht, da der Anwendungsbereich der Erfindung durch die beigefügten Ansprüche definiert wird, anstatt durch die ihnen vorausgehende Beschreibung. Alle Änderungen, die innerhalb von Maß und Ziel der Ansprüche fallen, oder zu solchem Maß und Ziel äquivalent sind, sollen folglich von den Ansprüchen erfaßt werden.

Patentansprüche

1. Eine Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes zum Beaufschlagen eines aufgenommenen Bildes (Fig. 7A), einer Fahrstraße (R) vor einem Fahrzeug mit einer vorbestimmten Vorverarbeitung und installierbar in einer Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung zum Erkennen einer Fahrspurmarkierung (M) auf der Fahrstraße auf der Grundlage des aufgenommenen Bildes, wobei die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gekennzeichnet ist durch
 - eine Bildverstärkungseinrichtung zum Abtasten des aufgenommenen Bildes und Erzeugen einer verstärkten Ausgabe (Fig. 6C), die auf eine Helligkeitsänderung (Fig. 6B) zwischen einem dunklen Bereich und einem hellen Bereich des aufgenommenen Bildes reagiert, wobei sich ein Vorzeichen der verstärkten Ausgabe entsprechend einer Übergangsrichtung der Helligkeitsänderung zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich umkehrt; und
 - eine Bildausgabeeinrichtung zum Erzeugen eines Bildes (Fig. 7C), das sich aus der verstärkten Ausgabe der Bild-

- verstärkungseinrichtung ergibt, wobei das Bild eine Fahrspurmerkmalsgröße enthält, die in einer auf dem aufgenommenen Bild eingerichteten vorbestimmten Verarbeitungszone erhalten wird, wobei die Verarbeitungszone (Fig. 4B und 4C) eine Größe besitzt, die auf eine Vielzahl von Pixel des aufgenommenen Bildes angewendet werden kann, mit einer Breite breiter als die Fahrspurmarkierung (M), wobei die Fahrspurmerkmalsgröße einer Differenz (C; Fig. 6F) zwischen einem Drehimpuls (A; Fig. 6D) entsprechender Pixel um ein Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone (Fig. 4B) herum und einem akkumulativen Absolutwert (B'; Fig. 6E) der entsprechenden Pixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone (Fig. 4C) entspricht, wobei der Drehimpuls (A; Fig. 6D) durch Vektorgößen aus Pixelwerten der entsprechenden Pixel relativ in Bezug auf das Zentralpixel definiert wird.
2. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß Anspruch 1, worin die Fahrspurmarkierung (M) ein heller Bereich in dem aufgenommenen Bild ist (Fig. 6A oder 7A); die verstärkte Ausgabe (Fig. 6C) der Bildverstärkungseinrichtung positiv ist, wenn die Helligkeitsänderung (Fig. 6B) in einem Übergang von dem dunklen Bereich zu dem hellen Bereich stattfindet, und negativ ist, wenn die Helligkeitsänderung in einem entgegengesetzten Übergang von dem hellen Bereich zu dem dunklen Bereich stattfindet, und der Drehimpuls (A; Fig. 6D) der entsprechenden Pixel positiv ist, wenn der Drehimpuls in einer Richtung im Uhrzeigersinn relativ in Bezug auf das Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone erfaßt wird.
3. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß Anspruch 1, worin die Fahrspurmarkierung (M') ein dunkler Bereich in dem aufgenommenen Bild ist (Fig. 18A); die verstärkte Ausgabe (Fig. 17C) der Bildverstärkungseinrichtung positiv ist, wenn die Helligkeitsänderung (Fig. 17B) in einem Übergang von dem hellen Bereich zu dem dunklen Bereich stattfindet, und negativ ist, wenn die Helligkeitsänderung in einem entgegengesetzten Übergang von dem dunklen Bereich zu dem hellen Bereich stattfindet, und der Drehimpuls (A; Fig. 17D) der entsprechenden Pixel positiv ist, wenn der Drehimpuls in einer Richtung im Uhrzeigersinn relativ in Bezug auf das Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone erfaßt wird.
4. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß Anspruch 1, worin die Fahrspurmarkierung (M') ein dunkler Bereich in dem aufgenommenen Bild ist (Fig. 18A); die verstärkte Ausgabe (Fig. 18C) der Bildverstärkungseinrichtung negativ ist, wenn die Helligkeitsänderung (Fig. 18B) in einem Übergang von dem hellen Bereich zu dem dunklen Bereich stattfindet, und positiv ist, wenn die Helligkeitsänderung in einem entgegengesetzten Übergang von dem dunklen Bereich zu dem hellen Bereich stattfindet, und der Drehimpuls (A; Fig. 18D) der entsprechenden Pixel positiv ist, wenn der Drehimpuls in einer Richtung im Gegenuhrzeigersinn relativ in Bezug auf das Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone erfaßt wird.
5. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß Anspruch 1, worin die Fahrspurmarkierung (M) ein heller Bereich in dem aufgenommenen Bild ist (Fig. 19A oder 7A); die verstärkte Ausgabe (Fig. 19C) der Bildverstärkungseinrichtung negativ ist, wenn die Helligkeitsänderung (Fig. 19B) in einem Übergang von dem dunklen Bereich zu dem hellen Bereich stattfindet, und positiv ist, wenn die Helligkeitsänderung in einem entgegengesetzten Übergang von dem hellen Bereich zu dem dunklen Bereich stattfindet, und der Drehimpuls (A; Fig. 19D) der entsprechenden Pixel positiv ist, wenn der Drehimpuls in einer Richtung im Gegenuhrzeigersinn relativ in Bezug auf das Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone erfaßt wird.
6. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5, worin die vorbestimmte Verarbeitungszone (Fig. 12A und 12B) eine tote Zone mit einer vorbestimmten Breite in ihrem Zentrum besitzt, so daß der Drehimpuls und der akkumulative Absolutwert von der toten Zone nicht erhalten werden.
7. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 6, worin die vorbestimmte Verarbeitungszone eine Breite besitzt, die an einer unteren Seite des aufgenommenen Bildes breiter gemacht und an einer oberen Seite des aufgenommenen Bildes schmaler gemacht ist.
8. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 7, worin die tote Zone eine Breite besitzt, die an einer unteren Seite des aufgenommenen Bildes breiter gemacht und an einer oberen Seite des aufgenommenen Bildes schmaler gemacht ist.
9. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß Anspruch 7 oder 8, worin die Breite der vorbestimmten Verarbeitungszone oder der toten Zone auf der Grundlage einer auf das aufgenommene Bild angewendeten perspektivischen Transformation bestimmt wird.
10. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 9, worin die Breite der vorbestimmten Verarbeitungszone in einem vorbestimmten oberen Bereich des aufgenommenen Bildes, wo keine Fahrspurmarkierung vorhanden ist, auf Null gesetzt ist (Fig. 15).
11. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung des aufgenommenen Bildes gemäß Anspruch 10, worin der vorbestimmte obere Bereich, der keine Fahrspurmarkierung enthält, als ein Bereich betrachtet wird, der höher als eine Position der Fahrspurmarkierung im Unendlichen auf dem aufgenommenen Bild liegt (Fig. 15).
12. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 11, worin sich die vorbestimmte Verarbeitungszone in einer horizontalen Richtung des aufgenommenen Bildes erstreckt.
13. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 11, worin sich die vorbestimmte Verarbeitungszone in einer vertikalen Richtung des aufgenommenen Bildes ebenso wie in einer horizontalen Richtung des aufgenommenen Bildes erstrecken kann.
14. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 11, worin die vorbestimmte Verarbeitungszone entlang einer Richtung senkrecht zu der Fahrspurmarkierung auf dem aufgenommenen Bild eingerichtet ist (Fig. 16).

15. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß Anspruch 14, worin die vorbestimmte Verarbeitungszone auf der Grundlage einer zuvor erfaßten Position der Fahrspurmarkierung in einer Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung, in der die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes enthalten ist, eingerichtet ist.

16. Eine Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes zum Beaufschlagen eines aufgenommenen Bildes (Fig. 7A) einer Fahrstraße (R) vor einem Fahrzeug mit einer vorbestimmten Vorverarbeitung und installierbar in einer Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung zum Erkennen einer Fahrspurmarkierung (M) auf der Fahrstraße auf der Grundlage des aufgenommenen Bildes, wobei die Vorrichtung zur Vorverarbeitung des aufgenommenen Bildes

gekennzeichnet ist durch

eine Bildverstärkungseinrichtung zum Abtasten des aufgenommenen Bildes und Erzeugen einer verstärkten Ausgabe (Fig. 6C), die auf eine Helligkeitsänderung (Fig. 6B) zwischen einem dunklen Bereich und einem hellen Bereich des aufgenommenen Bildes reagiert, wobei sich ein Vorzeichen der verstärkten Ausgabe entsprechend einer Übergangsrichtung der Helligkeitsänderung zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich umkehrt; und eine Bildausgabeeinrichtung zum Erzeugen eines Bildes (Fig. 7C), das sich aus der verstärkten Ausgabe der Bildverstärkungseinrichtung ergibt, wobei das Bild eine Fahrspurmerkmalsgröße enthält, die in einer auf dem aufgenommenen Bild eingerichteten vorbestimmten Verarbeitungszone erhalten wird, wobei die Verarbeitungszone (Fig. 4A und 4B) eine Größe besitzt, die auf eine Vielzahl von Pixel des aufgenommenen Bildes angewendet werden kann, mit einer Breite breiter als die Fahrspurmarkierung,

wobei die Bildausgabeeinrichtung aufweist:

eine erste Erfassungseinrichtung zum Erfassen einer symmetrischen Anordnung (Fig. 6D) von positiven und negativen Pixelwerten entsprechender Pixel um ein Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone (Fig. 4B) herum; und

eine zweite Erfassungseinrichtung zum Erhalten eines akkumulativen Absolutwertes (Fig. 6E) der entsprechenden Pixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone (Fig. 4C),

so daß eine Ausgabedifferenz (Fig. 6F) zwischen der ersten Erfassungseinrichtung und der zweiten Erfassungseinrichtung als die Fahrspurmerkmalsgröße erhalten wird.

17. Ein Fahrspurmarkierungserkennungssystem mit einer Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes und einer Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung,

dadurch gekennzeichnet, daß

die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes ein aufgenommenes Bild (Fig. 7A) einer Fahrstraße (R) vor einem Fahrzeug mit einer vorbestimmten Vorverarbeitung beaufschlagt,

wobei die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes aufweist:

eine Bildverstärkungseinrichtung zum Abtasten des aufgenommenen Bildes und Erzeugen einer verstärkten Ausgabe (Fig. 6C), die auf eine Helligkeitsänderung (Fig. 6B) zwischen einem dunklen Bereich und einem hellen Bereich des aufgenommenen Bildes reagiert, wobei sich ein Vorzeichen der verstärkten Ausgabe entsprechend einer Übergangsrichtung der Helligkeitsänderung zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich umkehrt; und eine Bildausgabeeinrichtung zum Erzeugen eines Bildes (Fig. 7C), das sich aus der verstärkten Ausgabe der Bildverstärkungseinrichtung ergibt, wobei das Bild eine Fahrspurmerkmalsgröße enthält, die in einer auf dem aufgenommenen Bild eingerichteten vorbestimmten Verarbeitungszone erhalten wird, wobei die Verarbeitungszone (Fig. 4A und 4B) eine Größe besitzt, die auf eine Vielzahl von Pixel des aufgenommenen Bildes angewendet werden kann, mit einer Breite breiter als eine Fahrspurmarkierung (M),

wobei die Bildausgabeeinrichtung aufweist:

eine Drehimpulserfassungseinrichtung zum Erhalten eines Drehimpulses (A; Fig. 6D) entsprechender Pixel um ein Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone (Fig. 4B) herum, wobei der Drehimpuls durch Vektorgößen aus Pixelwerten der entsprechenden Pixel relativ in Bezug auf das Zentralpixel definiert wird; und eine Absolutwerterfassungseinrichtung zum Erhalten eines akkumulativen Absolutwertes (B'; Fig. 6E) der entsprechenden Pixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone (Fig. 4C),

so daß eine Differenz (C; Fig. 6F) zwischen dem Drehimpuls (A; Fig. 6D), der mittels der Drehimpulserfassungseinrichtung erhalten wird, und dem akkumulativen Absolutwert (B'; Fig. 6E), der mittels der Absolutwerterfassungseinrichtung erhalten wird, als die Fahrspurmerkmalsgröße erhalten wird, und

die Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung (20) die Fahrspurmarkierung auf der Grundlage der von der Bildausgabeeinrichtung der Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes erhaltenen Fahrspurmerkmalsgröße erkennt.

18. Ein Fahrzeugfahrtkontrollsystem mit einer Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes, einer Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung und einer Fahrzeugfahrtkontrollvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß

die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes ein aufgenommenes Bild (Fig. 7A) einer Fahrstraße (R) vor einem Fahrzeug mit einer vorbestimmten Vorverarbeitung beaufschlagt,

wobei die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes aufweist:

eine Bildverstärkungseinrichtung zum Abtasten des aufgenommenen Bildes und Erzeugen einer verstärkten Ausgabe (Fig. 6C), die auf eine Helligkeitsänderung (Fig. 6B) zwischen einem dunklen Bereich und einem hellen Bereich des aufgenommenen Bildes reagiert, wobei sich ein Vorzeichen der verstärkten Ausgabe entsprechend einer Übergangsrichtung der Helligkeitsänderung zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich umkehrt; und eine Bildausgabeeinrichtung zum Erzeugen eines Bildes (Fig. 7C), das sich aus der verstärkten Ausgabe der Bildverstärkungseinrichtung ergibt, wobei das Bild eine Fahrspurmerkmalsgröße enthält, die in einer auf dem aufgenommenen Bild eingerichteten vorbestimmten Verarbeitungszone erhalten wird, wobei die Verarbeitungszone (Fig. 4B und 4C) eine Größe besitzt, die auf eine Vielzahl von Pixel des aufgenommenen Bildes angewendet werden

kann, mit einer Breite breiter als eine Fahrspurmarkierung (M),
wobei die Bildausgabeeinrichtung aufweist:

eine Drehimpulserfassungseinrichtung zum Erhalten eines Drehimpulses (A; Fig. 6D) entsprechender Pixel um ein Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone (Fig. 4B) herum, wobei der Drehimpuls durch Vektorgößen aus Pixelwerten der entsprechenden Pixel relativ in Bezug auf das Zentralpixel definiert wird; und
eine Absolutwerterfassungseinrichtung zum Erhalten eines akkumulativen Absolutwertes (Fig. 6E) der entsprechenden Pixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone (Fig. 4C),

so daß eine Differenz (C; Fig. 6F) zwischen dem Drehimpuls (A; Fig. 6D), der mittels der Drehimpulserfassungseinrichtung erhalten wird, und dem akkumulativen Absolutwert (B; Fig. 6E), der mittels der Absolutwerterfassungseinrichtung erhalten wird, als die Fahrspurmerkmalsgröße erhalten wird,

die Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung (20) die Fahrspurmarkierung auf der Grundlage der von der Bildausgabeeinrichtung der Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes erhaltenen Fahrspurmerkmalsgröße erkennt, und

die Fahrzeugfahrtkontrollvorrichtung die Fahrt des Fahrzeuges entsprechend der durch die Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung erkannten Fahrspurmarkierung kontrolliert (Fig. 11).

19. Ein Aufzeichnungsmedium, das ein Programm eines Computersystems speichert, wobei das Programm zum Beaufschlagen eines aufgenommenen Bildes einer Fahrstraße (R) vor einem Fahrzeug mit einer vorbestimmten Vorverarbeitung verwendet wird, um eine Fahrspurmarkierung (M) auf der Fahrstraße auf der Grundlage des aufgenommenen Bildes zu erkennen, wobei die vorbestimmte Vorverarbeitung durch die folgenden Schritte gekennzeichnet wird:

Erzeugen einer verstärkten Ausgabe (Schritt S2; Fig. 4D), die auf eine Helligkeitsänderung zwischen einem dunklen Bereich und einem hellen Bereich des aufgenommenen Bildes reagiert, wobei sich ein Vorzeichen der verstärkten Ausgabe entsprechend einer Übergangsrichtung der Helligkeitsänderung zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich umkehrt;

Einrichten einer vorbestimmten Verarbeitungszone auf dem aufgenommenen Bild, wobei die Verarbeitungszone eine Größe besitzt, die auf eine Vielzahl von Pixel des aufgenommenen Bildes angewendet werden kann, mit einer Breite breiter als die Fahrspurmarkierung.

Erhalten eines Drehimpulses (Schritt S3; Fig. 4J und 5F) entsprechender Pixel um ein Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone herum, wobei der Drehimpuls durch Vektorgößen aus Pixelwerten der entsprechenden Pixel relativ in Bezug auf das Zentralpixel definiert wird;

Erhalten eines akkumulativen Absolutwertes (Schritt S5; Fig. 5G) der entsprechenden Pixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone, und

Erzeugen eines Bildes (Schritt S7), das eine Fahrspurmerkmalsgröße enthält, wobei die Fahrspurmerkmalsgröße einer Differenz zwischen dem Drehimpuls und dem akkumulativen Absolutwert der entsprechenden Pixel entspricht.

20. Ein Fahrspurmarkierungserkennungssystem mit einer Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes und einer Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß

die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes ein aufgenommenes Bild (Fig. 7A) einer Fahrstraße (R) vor einem Fahrzeug mit einer vorbestimmten Vorverarbeitung beaufschlagt, wobei die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes aufweist:

eine Bildverstärkungseinrichtung zum Abtasten des aufgenommenen Bildes und Erzeugen einer verstärkten Ausgabe (Fig. 6C), die auf eine Helligkeitsänderung (Fig. 6B) zwischen einem dunklen Bereich und einem hellen Bereich des aufgenommenen Bildes reagiert, wobei sich ein Vorzeichen der verstärkten Ausgabe entsprechend einer Übergangsrichtung der Helligkeitsänderung zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich umkehrt; und

eine Bildausgabeeinrichtung zum Erzeugen eines Bildes (Fig. 7C), das sich aus der verstärkten Ausgabe der Bildverstärkungseinrichtung ergibt, wobei das Bild eine Fahrspurmerkmalsgröße enthält, die in einer auf dem aufgenommenen Bild eingerichteten vorbestimmten Verarbeitungszone erhalten wird, wobei die Vorverarbeitungszone (Fig. 4B und 4C) eine Größe besitzt, die auf eine Vielzahl von Pixel des aufgenommenen Bildes angewendet werden kann, mit einer Breite breiter als eine Fahrspurmarkierung (M),

wobei die Bildausgabeeinrichtung aufweist:

eine erste Erfassungseinrichtung zum Erfassen einer symmetrischen Anordnung (Fig. 6D) von positiven und negativen Pixelwerten entsprechender Pixel um ein Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone (Fig. 4B) herum; und

eine zweite Erfassungseinrichtung zum Erhalten eines akkumulativen Absolutwertes (Fig. 6E) der entsprechenden Pixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone (Fig. 4C),

so daß eine Ausgabedifferenz (Fig. 6F) zwischen der ersten Erfassungseinrichtung und der zweiten Erfassungseinrichtung als die Fahrspurmerkmalsgröße erhalten wird, und

die Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung (20) die Fahrspurmarkierung auf der Grundlage der von der Bildausgabeeinrichtung der Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes erhaltenen Fahrspurmerkmalsgröße erkennt.

21. Ein Fahrzeugfahrtkontrollsystem mit einer Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes, einer Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung und einer Fahrzeugfahrtkontrollvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß

die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes ein aufgenommenes Bild (Fig. 7A) einer Fahrstraße (R) vor einem Fahrzeug mit einer vorbestimmten Vorverarbeitung beaufschlagt,

wobei die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes aufweist:

eine Bildverstärkungseinrichtung zum Abtasten des aufgenommenen Bildes und Erzeugen einer verstärkten Ausgabe (Fig. 6C), die auf eine Helligkeitsänderung (Fig. 6B) zwischen einem dunklen Bereich und einem hellen Be-

reich des aufgenommenen Bildes reagiert, wobei sich ein Vorzeichen der verstärkten Ausgabe entsprechend einer Übergangsrichtung der Helligkeitsänderung zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich umkehrt; und eine Bildausgabeeinrichtung zum Erzeugen eines Bildes (Fig. 7C), das sich aus der verstärkten Ausgabe der Bildverstärkungseinrichtung ergibt, wobei das Bild eine Fahrspurmerkmalsgröße enthält, die in einer auf dem aufgenommenen Bild eingerichteten vorbestimmten Verarbeitungszone erhalten wird, wobei die Verarbeitungszone (Fig. 4B und 4C) eine Größe besitzt, die auf eine Vielzahl von Pixel des aufgenommenen Bildes angewendet werden kann, mit einer Breite breiter als die Fahrspurmarkierung, wobei die Bildausgabeeinrichtung aufweist:

eine erste Erfassungseinrichtung zum Erfassen einer symmetrischen Anordnung (Fig. 6D) von positiven und negativen Pixelwerten entsprechender Pixel um ein Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone (Fig. 4B) herum; und

eine zweite Erfassungseinrichtung zum Erhalten eines akkumulativen Absolutwertes (Fig. 6E) der entsprechenden Pixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone (Fig. 4C),

so daß eine Ausgabedifferenz (Fig. 6F) zwischen der ersten Erfassungseinrichtung und der zweiten Erfassungseinrichtung als die Fahrspurmerkmalsgröße erhalten wird,

die Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung (20) die Fahrspurmarkierung auf der Grundlage der von der Bildausgabeeinrichtung der Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes erhaltenen Fahrspurmerkmalsgröße erkennt, und

die Fahrzeugfahrtkontrollvorrichtung die Fahrt des Fahrzeuges entsprechend der von dem Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung erkannten Fahrspurmarkierung kontrolliert (Fig. 11).

22. Eine Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes zum Beaufschlagen eines aufgenommenen Bildes (Fig. 7A) einer Fahrstraße (R) vor einem Fahrzeug mit einer vorbestimmten Vorverarbeitung und installierbar in einer Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung zum Erkennen einer Fahrspurmarkierung (M) auf der Fahrstraße auf der Grundlage des aufgenommenen Bildes, wobei die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes

gekennzeichnet ist durch

einen ersten Bildfilter mit Filterparametern, die in einem Matrixmuster angeordnet sind (Fig. 4A, 4E, 4F, 4G, 4H und 4I), das auf eine Vielzahl von Pixel (Fig. 4D) auf dem aufgenommenen Bild zum Erzeugen einer verstärkten Ausgabe (Fig. 6C) angewendet werden kann, die auf eine Helligkeitsänderung (Fig. 6B) zwischen einem dunklen Bereich und einem hellen Bereich des aufgenommenen Bildes reagiert, wobei sich ein Vorzeichen der verstärkten Ausgabe entsprechend einer Übergangsrichtung der Helligkeitsänderung zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich umkehrt;

einen zweiten Bildfilter mit Filterparametern (Fig. 4B, 4K, 4M und 4N) mit einer vorbestimmten Verarbeitungszone, die auf eine Vielzahl von Pixel (Fig. 4J und 5F) auf dem aufgenommenen Bild zum Erzeugen einer Ausgabe angewendet werden kann, die einen Drehimpuls (A; Fig. 6D) entsprechender Pixel um ein Zentralpixel der vorbestimmten Verarbeitungszone herum repräsentiert, wobei der Drehimpuls durch Vektorgrößen aus Pixelwerten der entsprechenden Pixel relativ in Bezug auf das Zentralpixel definiert wird;

einen dritten Bildfilter mit Filterparametern (Fig. 4C und 4L) mit einer vorbestimmten Verarbeitungszone, die auf eine Vielzahl von Pixel (Fig. 5G) auf dem aufgenommenen Bild zum Erzeugen einer Ausgabe angewendet werden kann, die einen akkumulativen Absolutwert (B'; Fig. 6E) entsprechender Pixel um ein Zentralpixel der vorbestimmten Verarbeitungszone herum repräsentiert; und

eine Merkmalsgrößenerfassungseinrichtung zum Erfassen einer Fahrspurmerkmalsgröße, die einer Differenz (C; Fig. 6F) zwischen der Ausgabe des zweiten Bildfilters und der Ausgabe des dritten Bildfilters entspricht.

23. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß Anspruch 22, worin die vorbestimmte Verarbeitungszone des zweiten Bildfilters identisch mit der vorbestimmten Verarbeitungszone des dritten Bildfilters ist.

24. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß Anspruch 22, worin die vorbestimmte Verarbeitungszone des zweiten Bildfilters und die vorbestimmte Verarbeitungszone des dritten Bildfilters breiter als die Fahrspurmarkierung sind.

25. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß Anspruch 22, worin die Fahrspurmarkierung (M) heller als die Straße (R) ist,

der erste Bildfilter (Fig. 4A, 4F und 4H) eine positive verstärkte Ausgabe als Reaktion auf eine Helligkeitsänderung, die in einem Übergang von dem dunklen Bereich zu dem hellen Bereich stattfindet, und eine negative verstärkte Ausgabe als Reaktion auf eine Helligkeitsänderung, die in einem entgegengesetzten Übergang von dem hellen Bereich zu dem dunklen Bereich stattfindet, erzeugt (Fig. 6C), und

der zweite Bildfilter (Fig. 4B und 4K) einen positiven Wert erzeugt, wenn der Drehimpuls in einer Richtung im Uhrzeigersinn erhalten wird (Fig. 6D).

26. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß Anspruch 22, worin die Fahrspurmarkierung (M') dunkler als die Straße (R) ist,

der erste Bildfilter (Fig. 4E, 4I und 4L) eine positive verstärkte Ausgabe als Reaktion auf eine Helligkeitsänderung, die in einem Übergang von dem hellen Bereich zu dem dunklen Bereich stattfindet, und eine negative verstärkte Ausgabe als Reaktion auf eine Helligkeitsänderung, die in einem entgegengesetzten Übergang von dem dunklen Bereich zu dem hellen Bereich stattfindet, erzeugt (17C), und

der zweite Bildfilter (Fig. 4B und 4K) einen positiven Wert erzeugt, wenn der Drehimpuls in einer Richtung im Uhrzeigersinn erhalten wird (17D).

27. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß Anspruch 22, worin die Fahrspurmarkierung (M') dunkler als die Straße (R) ist,

der erste Bildfilter (Fig. 4A, 4F und 4H) eine negative verstärkte Ausgabe als Reaktion auf eine Helligkeitsände-

nung, die in einem Übergang von dem hellen Bereich zu dem dunklen Bereich stattfindet, und eine positive verstärkte Ausgabe als Reaktion auf eine Helligkeitsänderung, die in einem entgegengesetzten Übergang von dem dunklen Bereich zu dem hellen Bereich stattfindet, erzeugt (18C), und der zweite Bildfilter (Fig. 4M und 4N) einen positiven Wert erzeugt, wenn der Drehimpuls in einer Richtung im Gegenuhrzeigersinn erhalten wird (18D).

28. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß Anspruch 22, worin die Fahrspurmarkierung (M) heller als die Straße (R) ist, der erste Bildfilter (Fig. 4E, 4G und 4I) eine negative verstärkte Ausgabe als Reaktion auf eine Helligkeitsänderung, die in einem Übergang von dem dunklen Bereich zu dem hellen Bereich stattfindet, und eine positive verstärkte Ausgabe als Reaktion auf eine Helligkeitsänderung, die in einem entgegengesetzten Übergang von dem hellen Bereich zu dem dunklen Bereich stattfindet, erzeugt (Fig. 19C) und der zweite Bildfilter (Fig. 4M und 4N) einen positiven Wert erzeugt, wenn der Drehimpuls in einer Richtung im Gegenuhrzeigersinn erhalten wird (Fig. 19D).

29. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß Anspruch 22, worin die zweiten und dritten Bildfilter (Fig. 5H und 5I) eine tote Zone mit einer vorbestimmten Breite in ihrem Zentrum besitzen, so daß der Drehimpuls und der akkumulative Absolutwert von der toten Zone nicht erhalten werden.

30. Eine Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes zum Beaufschlagen eines aufgenommenen Bildes (Fig. 7A) einer Fahrstraße (R) vor einem Fahrzeug mit einer vorbestimmten Vorverarbeitung und installierbar in einer Fahrspurmarkierungserkennungsvorrichtung zum Erkennen einer Fahrspurmarkierung (M) auf der Fahrstraße auf der Grundlage des aufgenommenen Bildes, wobei die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes

gekennzeichnet ist durch einen Drehimpulsfilter mit Filterparametern (Fig. 5A und 5D) mit einer vorbestimmten Verarbeitungszone, die auf eine Vielzahl von Pixel auf dem aufgenommenen Bild zum Erzeugen einer Ausgabe angewendet werden kann, die einen Drehimpuls (A; Fig. 6D) entsprechender Pixel um ein Zentralpixel der vorbestimmten Verarbeitungszone herum repräsentiert, wobei der Drehimpuls durch Vektorgroßen aus Pixelwerten der entsprechenden Pixel relativ in Bezug auf das Zentralpixel definiert wird;

einen akkumulativen Absolutwertfilter mit Filterparametern (Fig. 5B, 5C und 5E) mit einer vorbestimmten Verarbeitungszone, die auf eine Vielzahl von Pixel auf dem aufgenommenen Bild zum Erzeugen einer Ausgabe angewendet werden kann, die einen akkumulativen Absolutwert (B'; Fig. 6E) entsprechender Pixel um ein Zentralpixel der vorbestimmten Verarbeitungszone herum repräsentiert; und eine Merkmalsgrößenerfassungseinrichtung zum Erfassen einer Fahrspurmerkmalgröße, die einer Differenz (C; Fig. 4F) zwischen der Ausgabe des Drehimpulsfilters und der Ausgabe des akkumulativen Absolutwertfilters entspricht.

31. Die Vorrichtung zur Vorverarbeitung eines aufgenommenen Bildes gemäß Anspruch 30, worin der Drehimpulsfilter und der akkumulative Absolutwertfilter (Fig. 13A und 13B) eine tote Zone mit einer vorbestimmten Breite in ihrem Zentrum besitzen, so daß der Drehimpuls und der akkumulative Absolutwert von der toten Zone nicht erhalten werden.

32. Ein Verfahren zum Beaufschlagen eines aufgenommenen Bildes einer Fahrstraße (R) vor einem Fahrzeug mit einer vorbestimmten Vorverarbeitung, um eine Fahrspurmarkierung (M) auf der Fahrstraße auf der Grundlage des aufgenommenen Bildes zu erkennen, wobei die vorbestimmte Vorverarbeitung durch die folgenden Schritte gekennzeichnet wird:

Erzeugen einer verstärkten Ausgabe (Schritt S2; Fig. 4D), die auf eine Helligkeitsänderung zwischen einem dunklen Bereich und einem hellen Bereich des aufgenommenen Bildes reagiert, wobei sich ein Vorzeichen der verstärkten Ausgabe entsprechend einer Übergangsrichtung der Helligkeitsänderung zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich umkehrt;

Einrichten einer vorbestimmten Verarbeitungszone auf dem aufgenommenen Bild, wobei die Verarbeitungszone eine Größe besitzt, die auf eine Vielzahl von Pixel des aufgenommenen Bildes angewendet werden kann, mit einer Breite breiter als die Fahrspurmarkierung.

Erhalten eines Drehimpulses (Schritt S3; Fig. 4J und 5F) entsprechender Pixel um ein Zentralpixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone herum, wobei der Drehimpuls durch Vektorgroßen aus Pixelwerten der entsprechenden Pixel relativ in Bezug auf das Zentralpixel definiert wird;

Erhalten eines akkumulativen Absolutwertes (Schritt S5; Fig. 5G) der entsprechenden Pixel in der vorbestimmten Verarbeitungszone, und

Erzeugen eines Bildes (Schritt S7), das eine Fahrspurmerkmalgröße enthält, wobei die Fahrspurmerkmalgröße einer Differenz zwischen dem Drehimpuls und dem akkumulativen Absolutwert der entsprechenden Pixel entspricht.

33. Ein Verfahren zum Beaufschlagen eines aufgenommenen Bildes einer Fahrstraße (R) vor einem Fahrzeug mit einer vorbestimmten Vorverarbeitung, um eine Fahrspurmarkierung (M) auf der Fahrstraße auf der Grundlage des aufgenommenen Bildes zu erkennen, wobei die vorbestimmte Vorverarbeitung durch die folgenden Schritte gekennzeichnet wird:

Beaufschlagen des aufgenommenen Bildes mit einem ersten Bildfilter (Schritt S2; Fig. 4D) zum Erzeugen einer verstärkten Ausgabe (Fig. 6C), die auf eine Helligkeitsänderung (Fig. 6B) zwischen einem dunklen Bereich und einem hellen Bereich des aufgenommenen Bildes reagiert, wobei sich ein Vorzeichen der verstärkten Ausgabe entsprechend einer Übergangsrichtung der Helligkeitsänderung zwischen dem dunklen Bereich und dem hellen Bereich umkehrt, wobei der erste Bildfilter Filterparameter besitzt, die in einem Matrixmuster (Fig. 4A, 4E, 4F, 4G, 4H und 4I) angeordnet sind, das auf eine Vielzahl von Pixel (Fig. 4D) auf dem aufgenommenen Bild angewendet werden kann;

Beaufschlagen der verstärkten Ausgabe des ersten Bildfilters mit einem zweiten Bildfilter mit einer vorbestimmten

Verarbeitungszone zum Erzeugen einer Ausgabe, die einen Drehimpuls (A; Fig. 6D) entsprechender Pixel um ein Zentralpixel der vorbestimmten Verarbeitungszone herum repräsentiert, wobei der Drehimpuls durch Vektorgößen aus Pixelwerten der entsprechenden Pixel relativ in Bezug auf das Zentralpixel definiert wird;

Beaufschlagen der verstärkten Ausgabe des ersten Bildfilters mit einem dritten Bildfilter mit einer vorbestimmten Verarbeitungszone zum Erzeugen einer Ausgabe, die einen akkumulativen Absolutwert (B'; Fig. 6E) entsprechender Pixel um ein Zentralpixel der vorbestimmten Verarbeitungszone herum repräsentiert; und

Erfassen einer Fahrspurmerkmalsgröße, die einer Differenz (C; Fig. 6F) zwischen der Ausgabe des zweiten Bildfilters und der Ausgabe des dritten Bildfilters entspricht.

34. Ein Verfahren zum Beaufschlagen eines aufgenommenen Bildes einer Fahrstraße (R) vor einem Fahrzeug mit einer vorbestimmten Vorverarbeitung, um eine Fahrspurmarkierung (M) auf der Fahrstraße auf der Grundlage des aufgenommenen Bildes zu erkennen, wobei die vorbestimmte Vorverarbeitung durch die folgenden Schritte gekennzeichnet wird:

Beaufschlagen von Pixeln des aufgenommenen Bildes mit einem Drehimpulsfilter mit einer vorbestimmten Verarbeitungszone zum Erzeugen einer Ausgabe, die einen Drehimpuls (A; Fig. 6D) entsprechender Pixel um ein Zentralpixel der vorbestimmten Verarbeitungszone herum repräsentiert, wobei der Drehimpuls durch Vektorgößen aus Pixelwerten der entsprechenden Pixel relativ in Bezug auf das Zentralpixel definiert wird;

Beaufschlagen von Pixeln des aufgenommenen Bildes mit einem akkumulativen Absolutwertfilter mit einer vorbestimmten Verarbeitungszone zum Erzeugen einer Ausgabe, die einen akkumulativen Absolutwert (B'; Fig. 6E) entsprechender Pixel um ein Zentralpixel der vorbestimmten Verarbeitungszone herum repräsentiert; und

Erfassen einer Fahrspurmerkmalsgröße, die einer Differenz (C; Fig. 6F) zwischen der Ausgabe des Drehimpulsfilters und der Ausgabe des akkumulativen Absolutwertfilters entspricht.

Hierzu 22 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

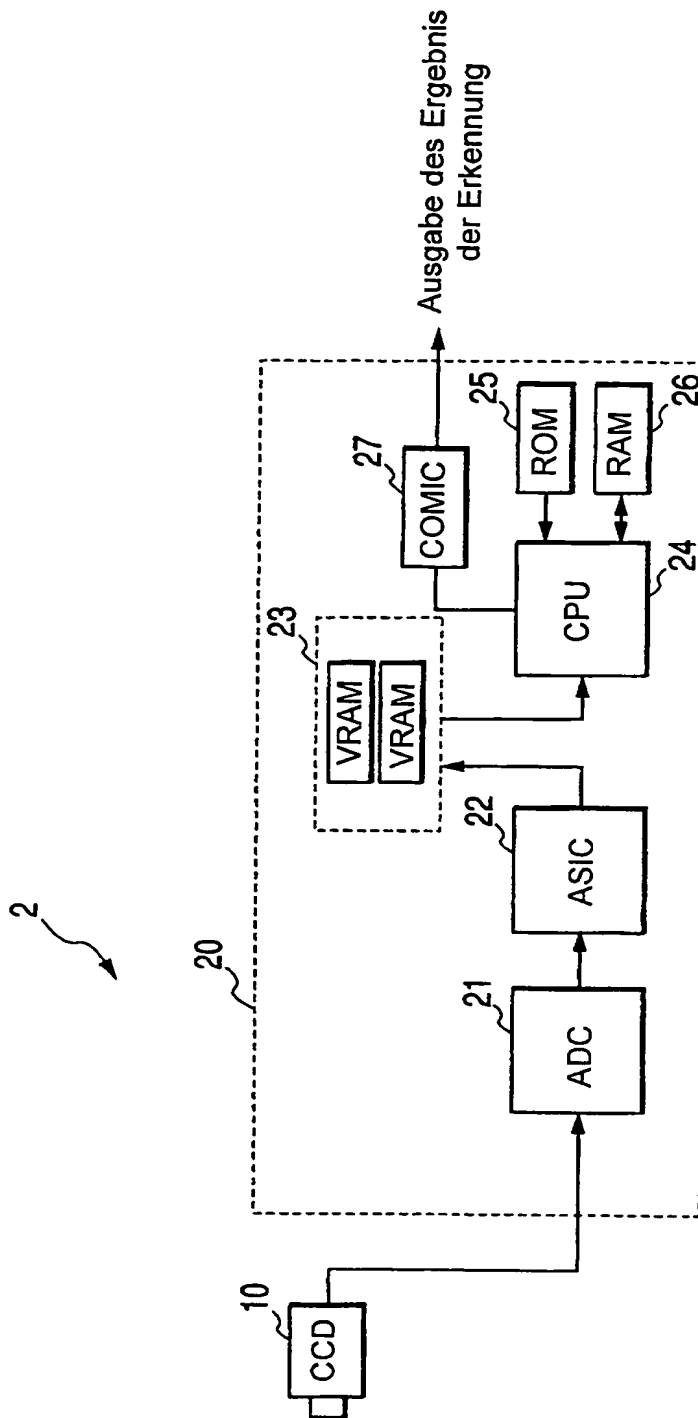


FIG. 2

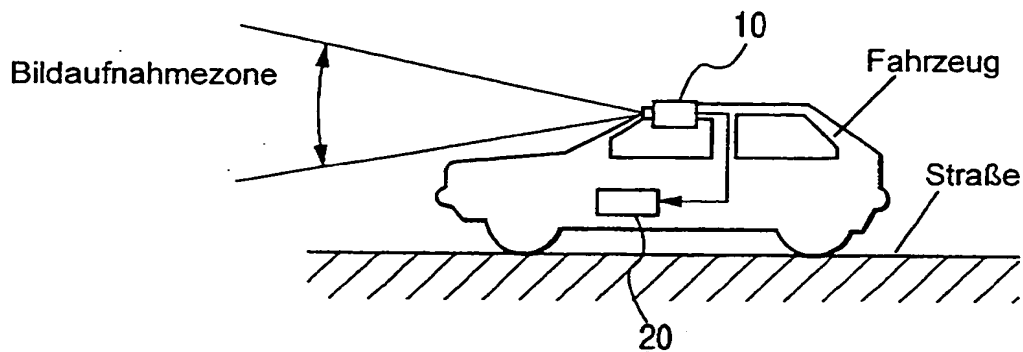
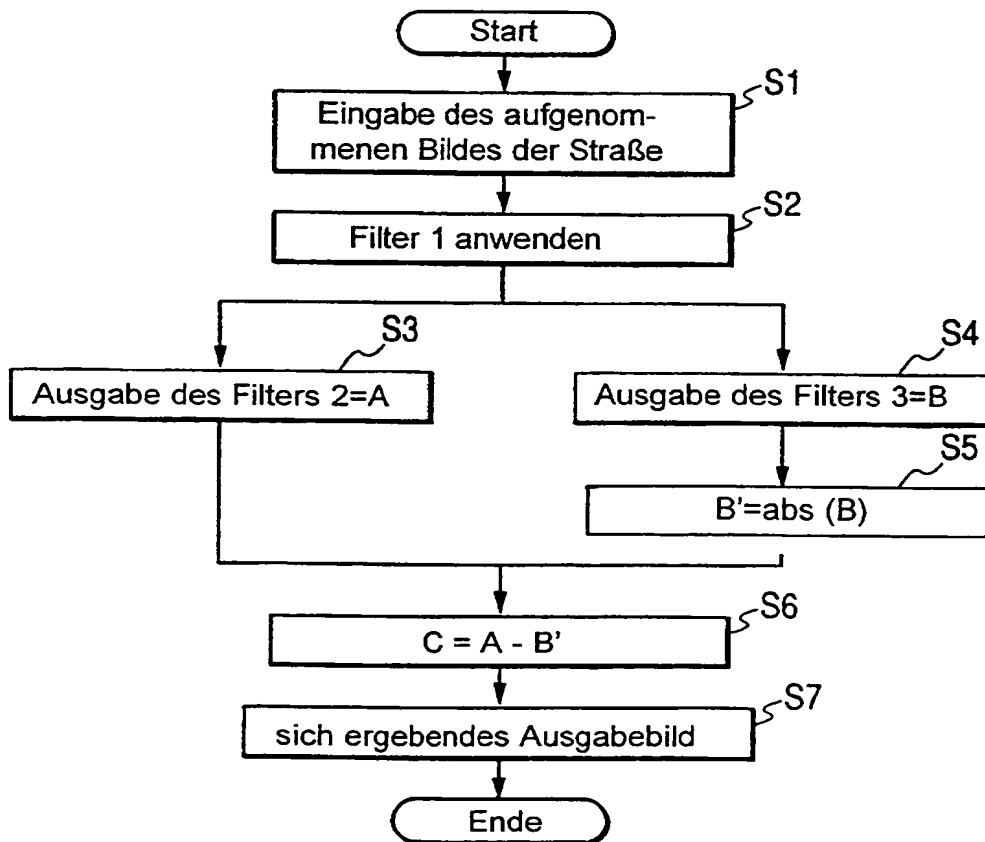


FIG. 3



-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

A horizontal row of 20 boxes representing lattice sites. The first 10 boxes contain the number '1', and the next 10 boxes contain the number '-1'. Below the boxes, a double-headed arrow spans the entire length of the row and is labeled '2n'.

Diagram illustrating a 1D lattice with $2n$ sites. The lattice is represented by a horizontal row of 20 squares, each containing the number 1. Below the row, a double-headed arrow indicates the total length, labeled $2n$.

FIG. 4G

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

-1	1
-1	1
-1	1

1	-1
1	-1
1	-1

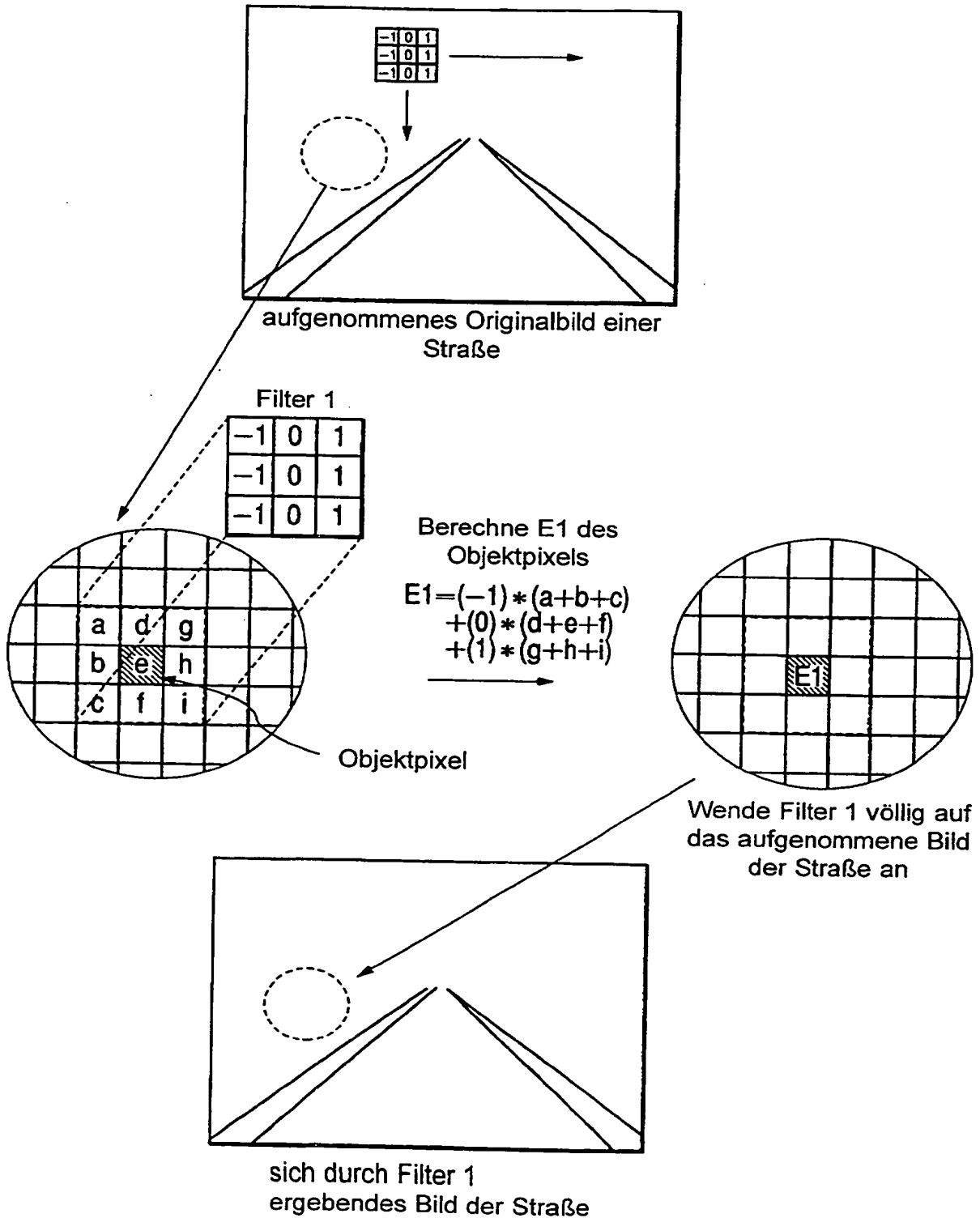
FIG. 4D

FIG. 4H

-1	0	0	1
-1	0	0	1
-1	0	0	1

FIG. 4I

1	0	0	-1
1	0	0	-1
1	0	0	-1

FIG. 4K

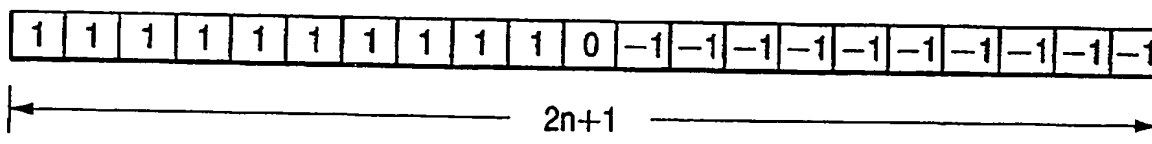


FIG. 4L

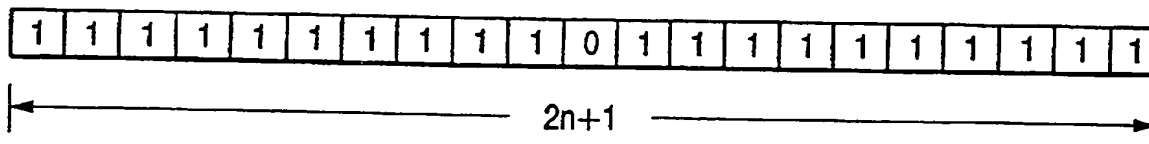


FIG. 4M

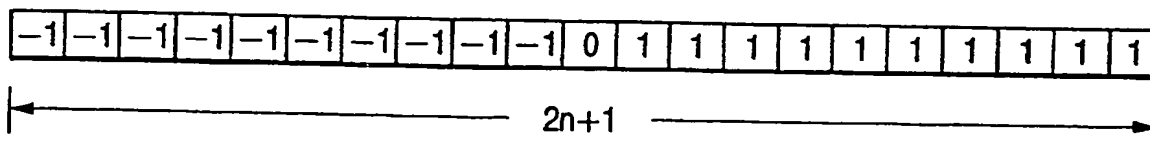


FIG. 4N

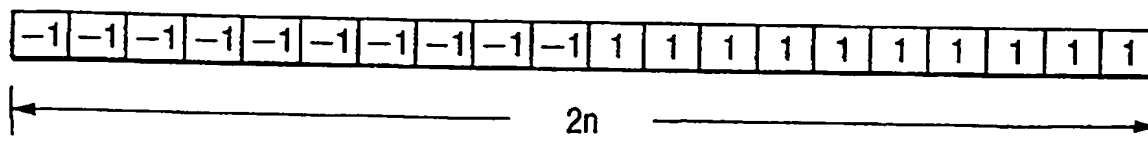


FIG. 4J

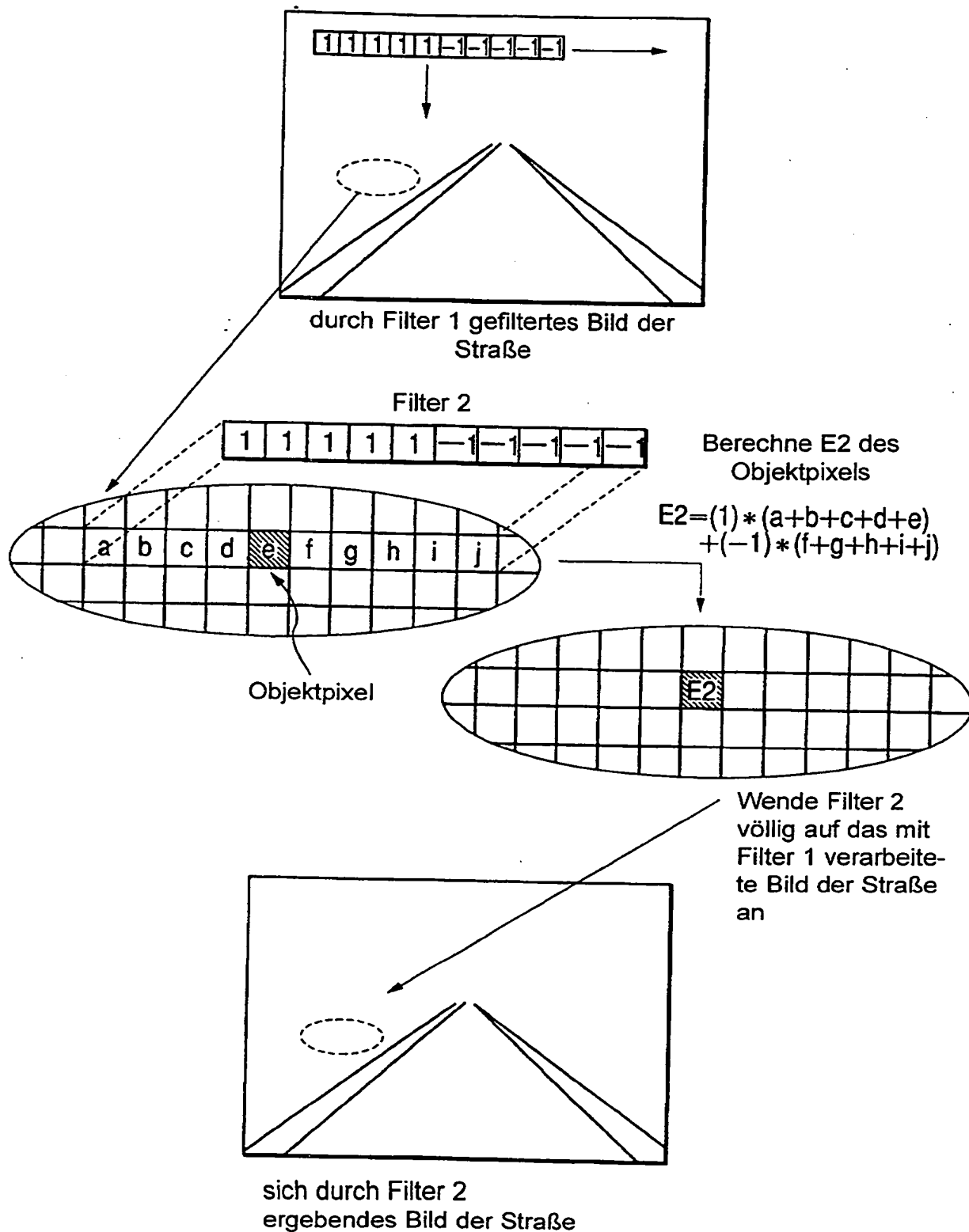


FIG. 5A

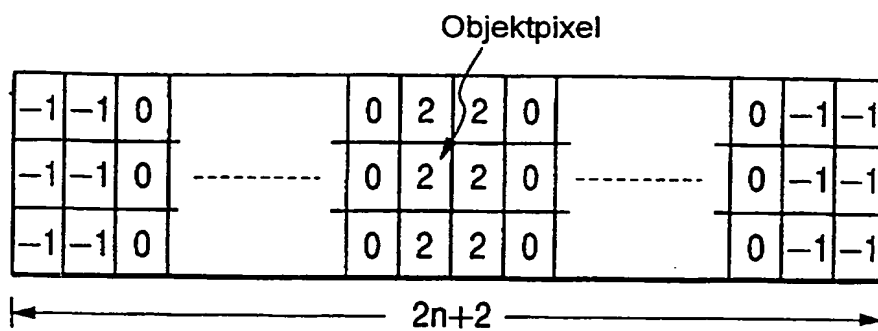


FIG. 5B

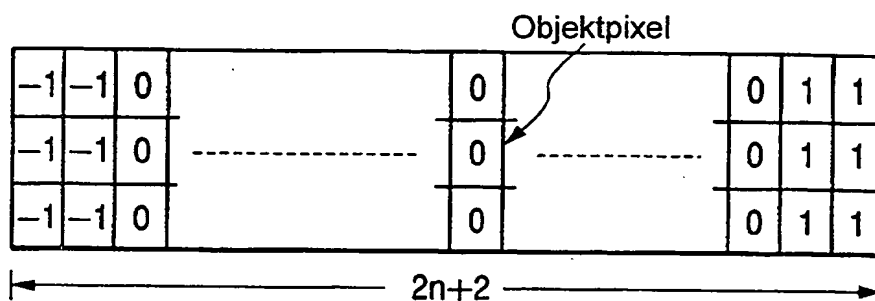


FIG. 5C

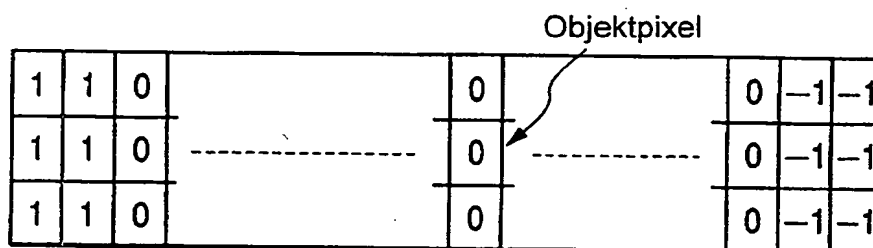


FIG. 5D

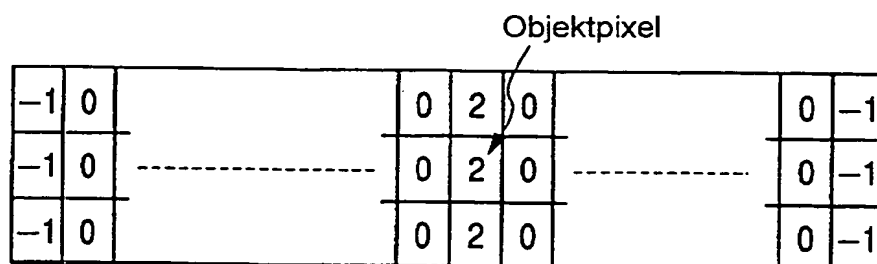


FIG. 5E

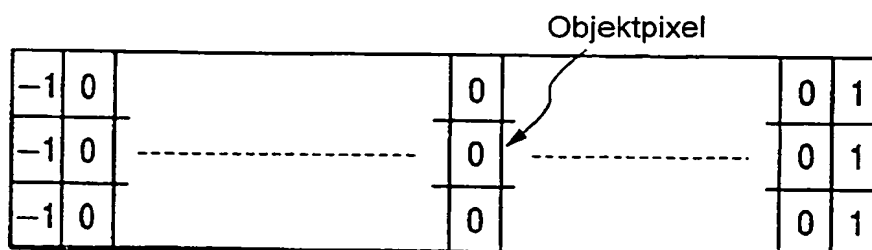


FIG. 5F

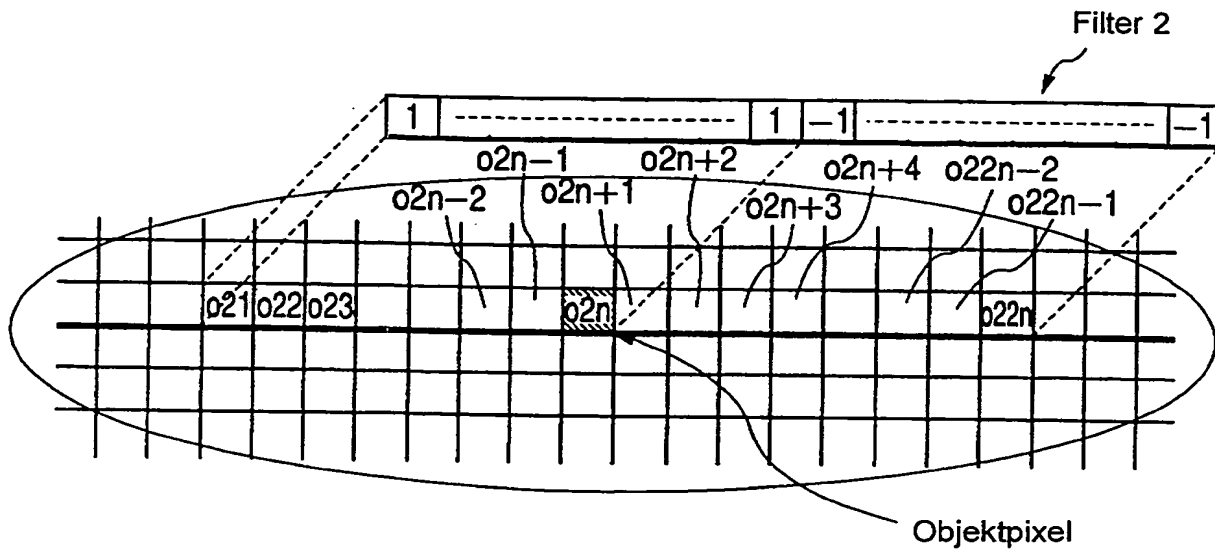


FIG. 5G

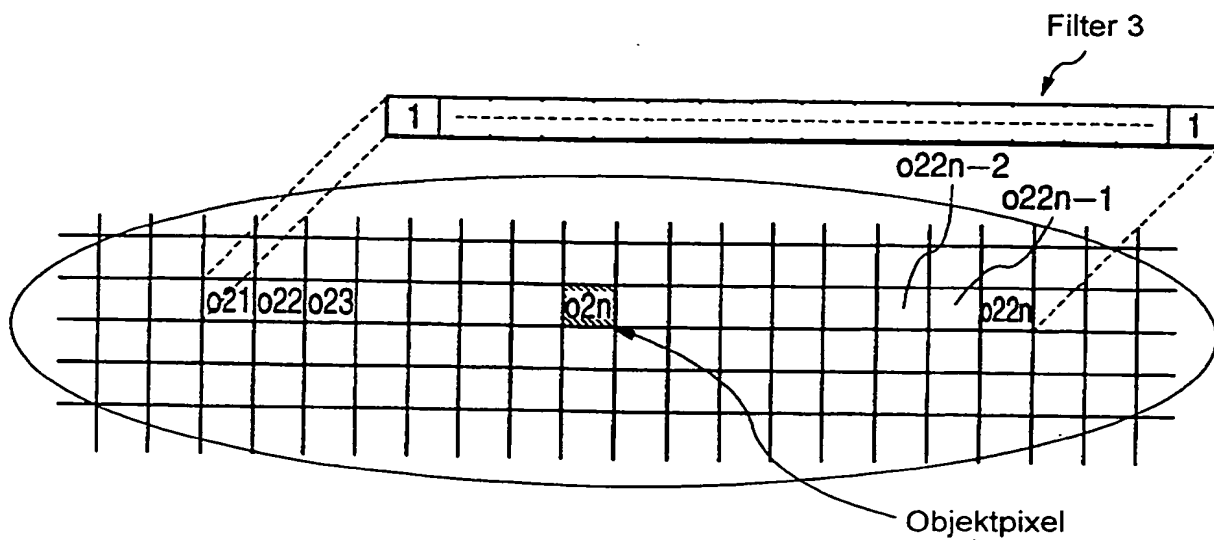


FIG. 5H

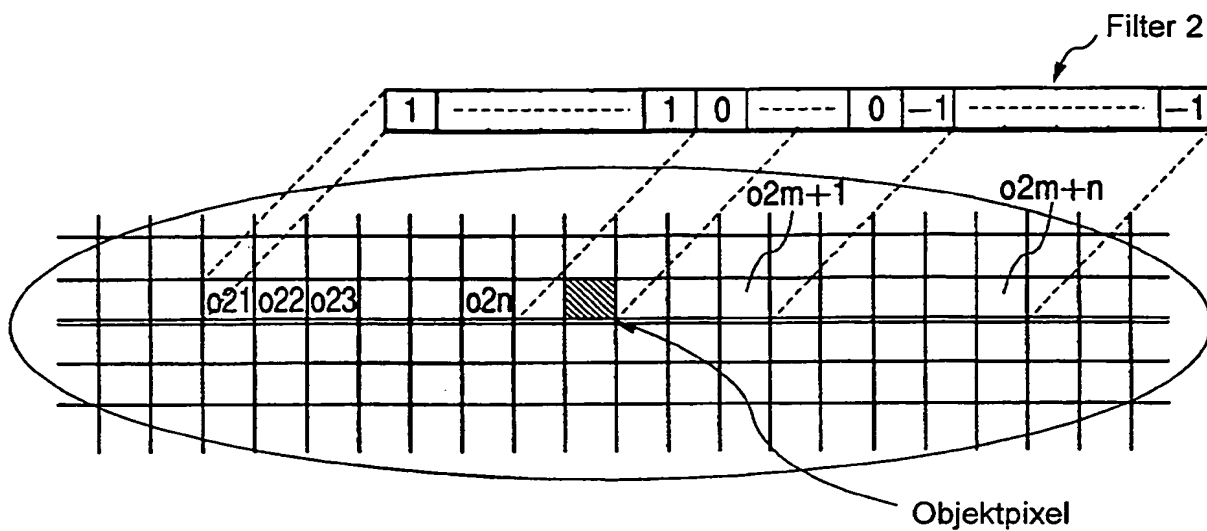


FIG. 5I

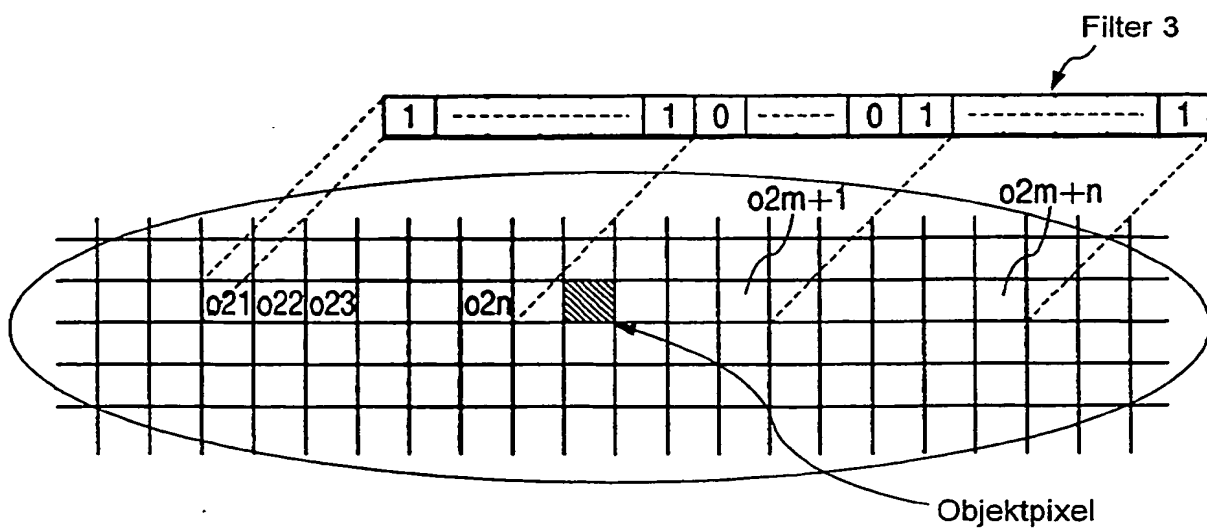


FIG. 6A

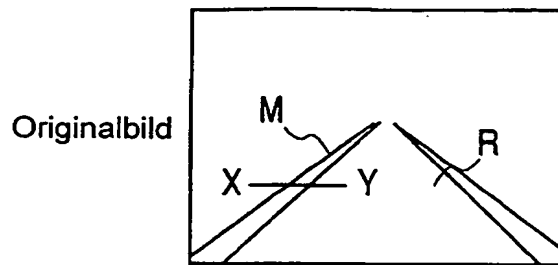


FIG. 6B



FIG. 6C

mit Filter 1
verarbeiteter Wert

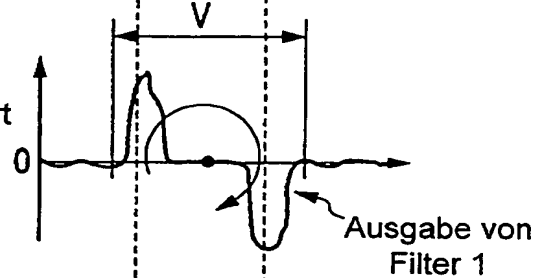


FIG. 6D

mit Filter 2
verarbeiteter Wert

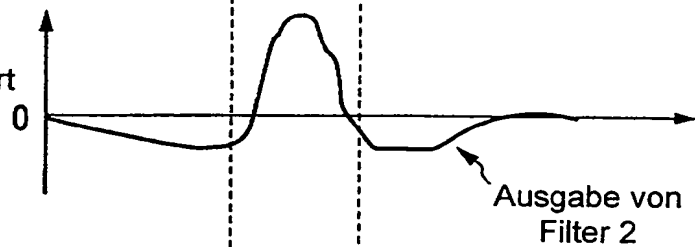


FIG. 6E

mit Filter 3
verarbeiteter Wert

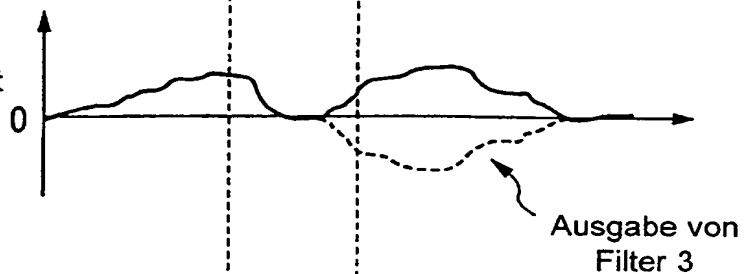


FIG. 6F

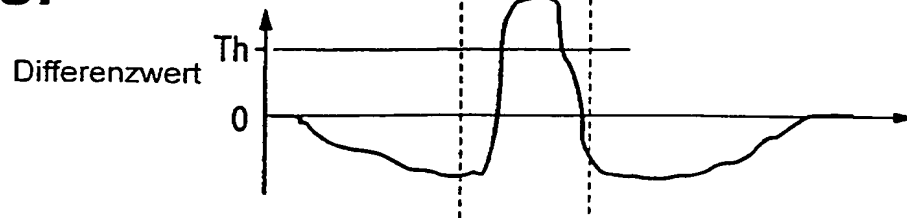


FIG. 7A

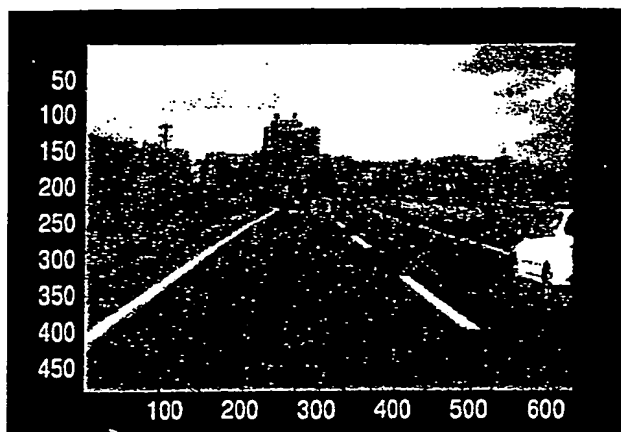


FIG. 7B

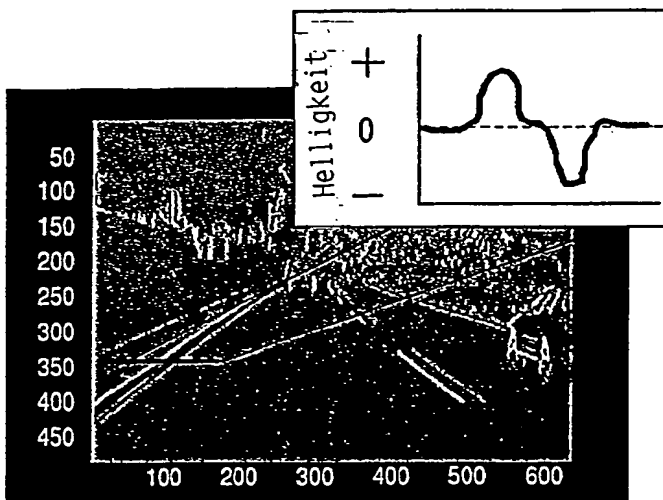


FIG. 7C

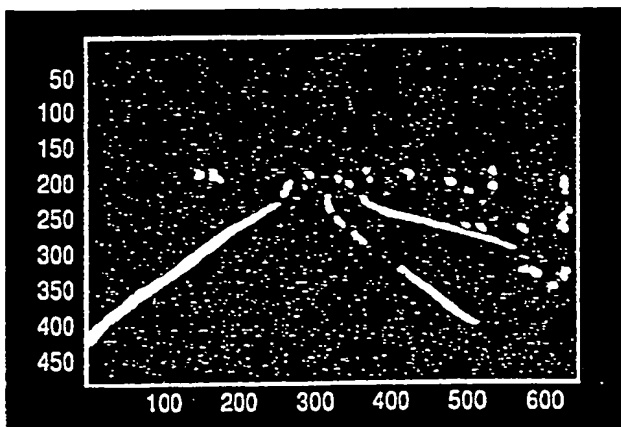


FIG. 8A

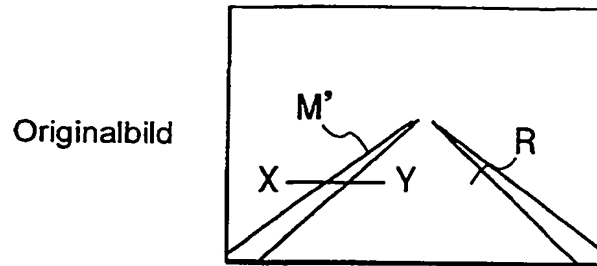


FIG. 8B

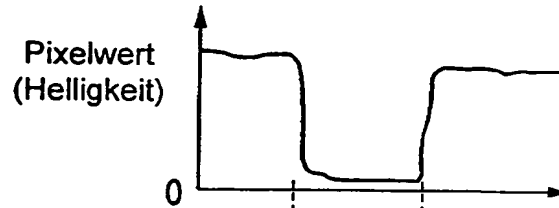


FIG. 8C

mit Filter 1
verarbeiteter Wert

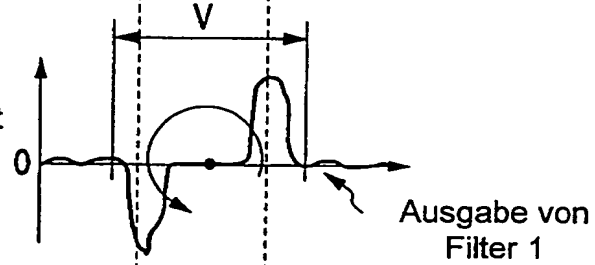


FIG. 8D

mit Filter 2
verarbeiteter Wert

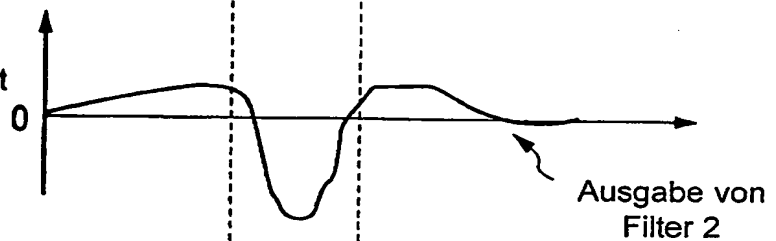


FIG. 8E

mit Filter 3
verarbeiteter Wert

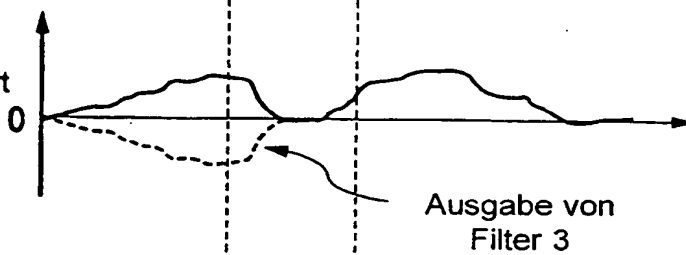


FIG. 8F

Differenzwert

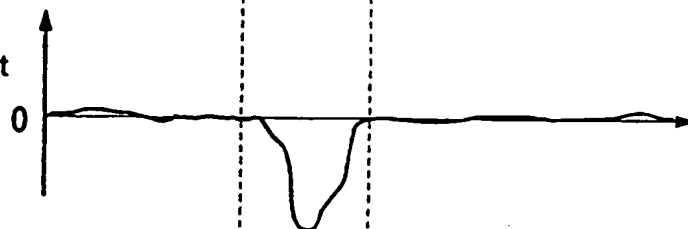


FIG. 9A

Originalbild

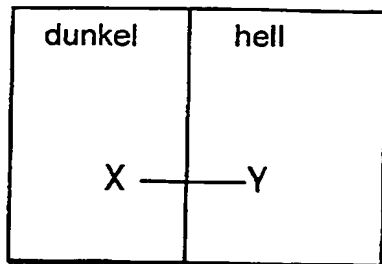


FIG. 9B

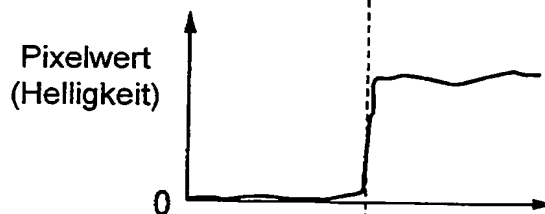


FIG. 9C

mit Filter 1
verarbeiteter Wert

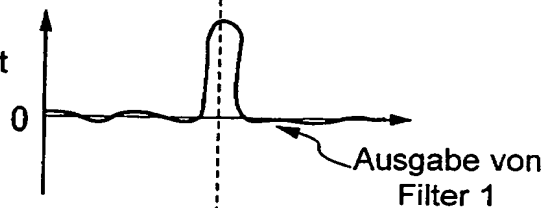


FIG. 9D

mit Filter 2
verarbeiteter Wert

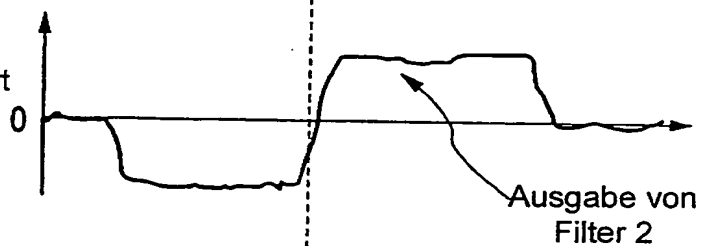


FIG. 9E

mit Filter 3
verarbeiteter Wert

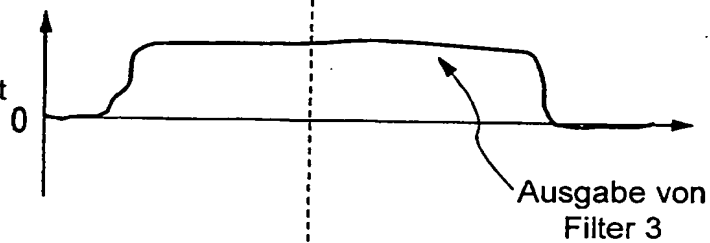


FIG. 9F

Differenzwert

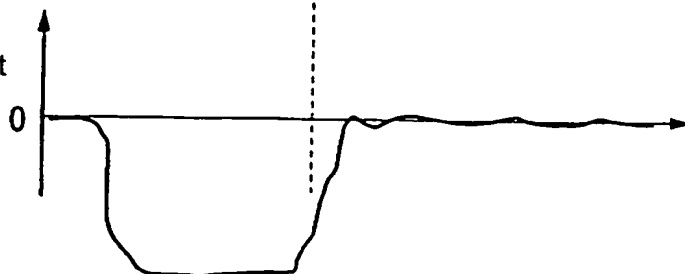


FIG. 10A

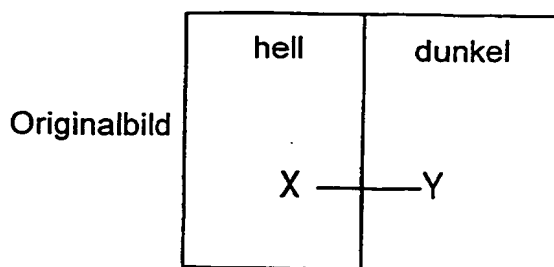


FIG. 10B

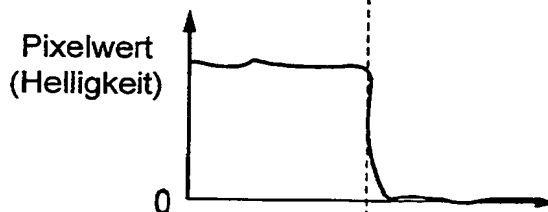


FIG. 10C

mit Filter 1
verarbeiteter Wert

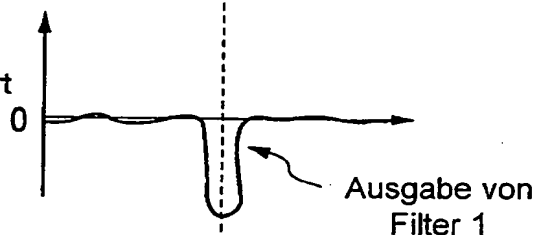


FIG. 10D

mit Filter 2
verarbeiteter Wert



FIG. 10E

mit Filter 3
verarbeiteter Wert

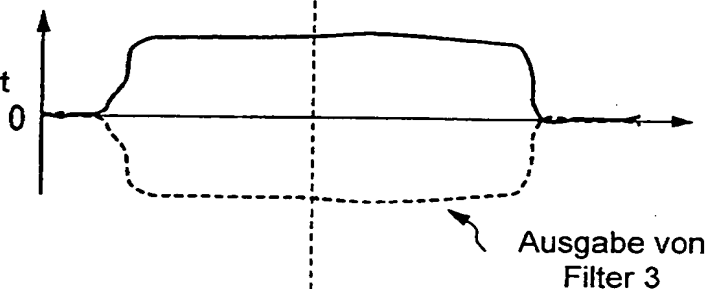


FIG. 10F

Differenzwert

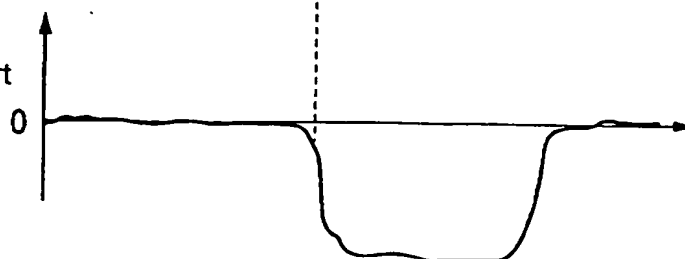


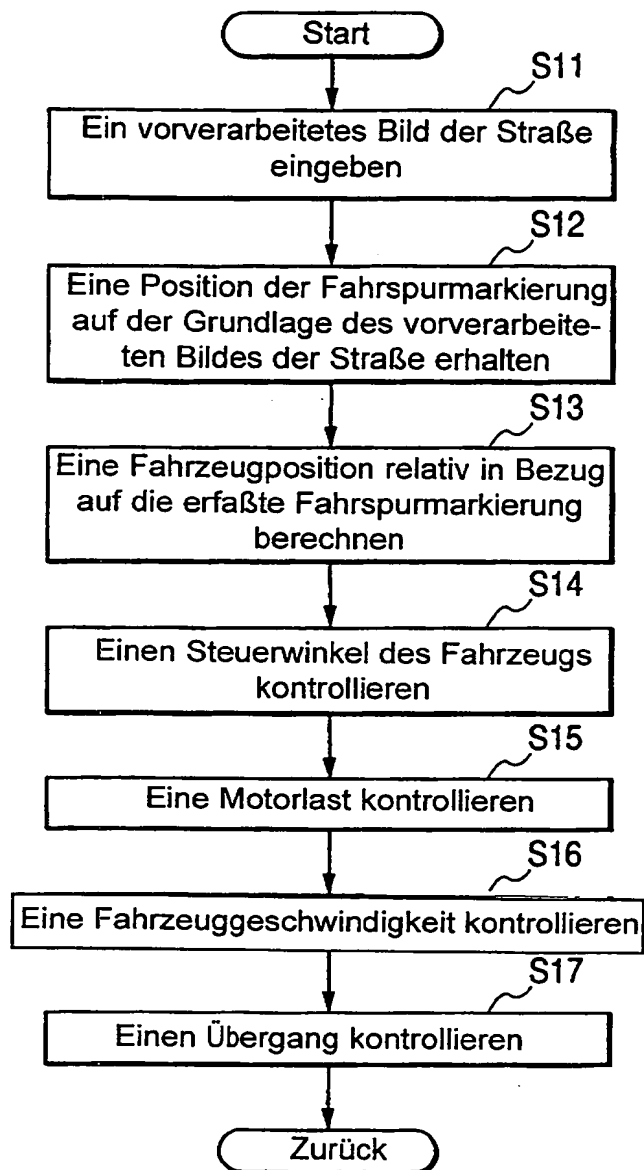
FIG. 11

FIG. 12A

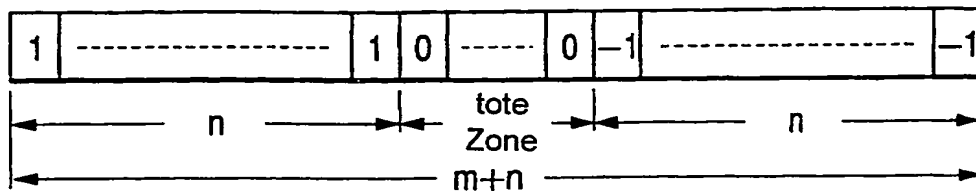


FIG. 12B

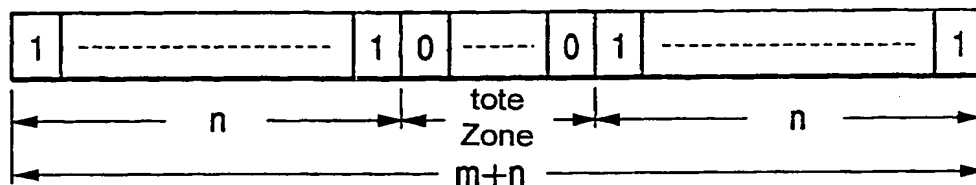


FIG. 13A

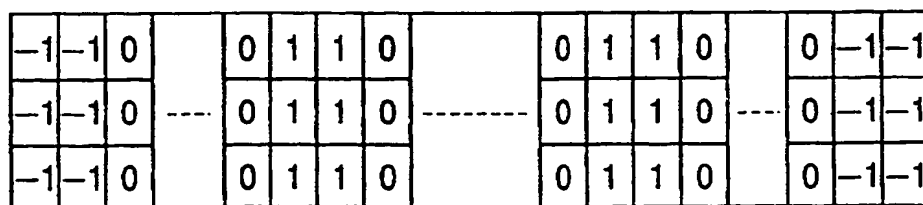


FIG. 13B

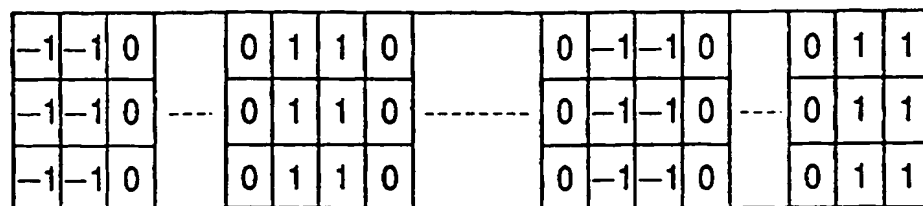


FIG. 14A

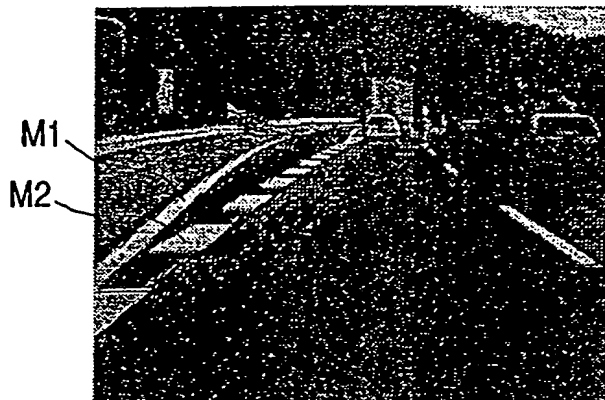


FIG. 14B



FIG. 14C

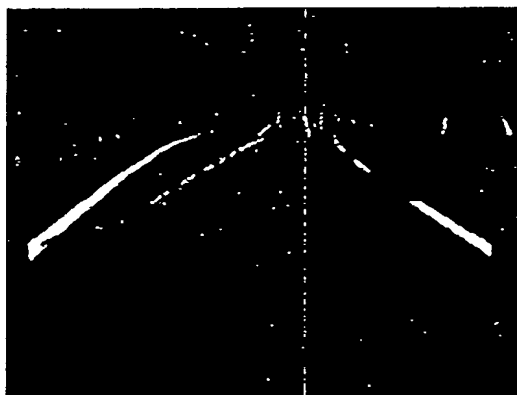


FIG. 14D

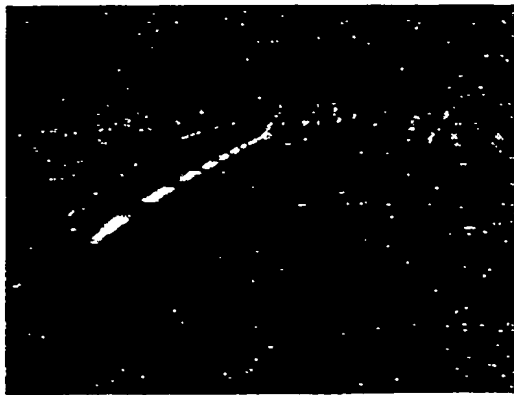


FIG. 15

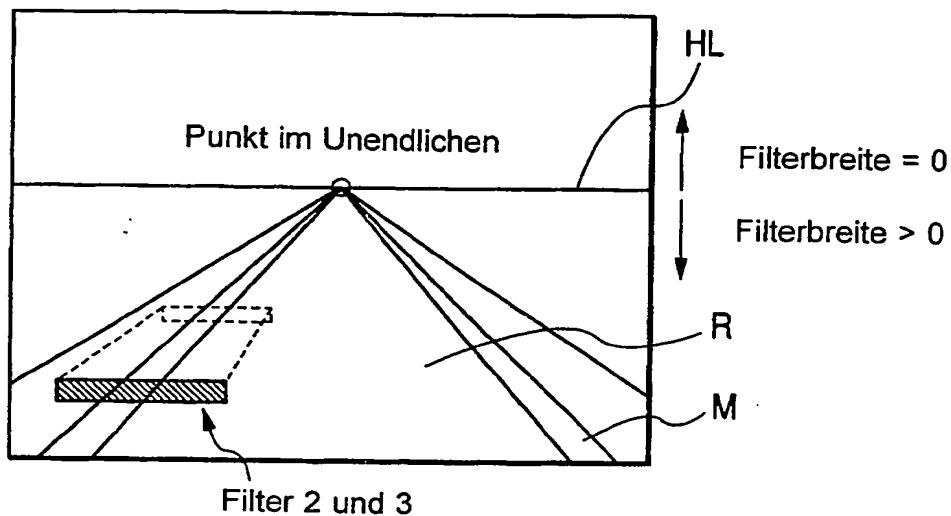


FIG. 16

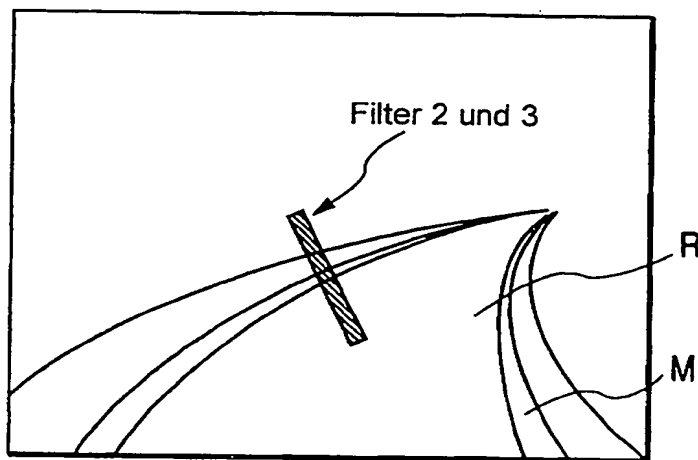


FIG. 17A

Originalbild

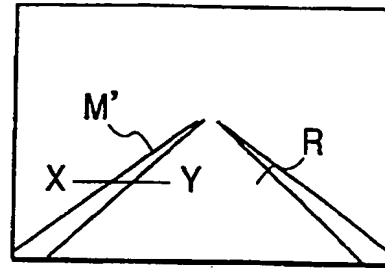


FIG. 17B

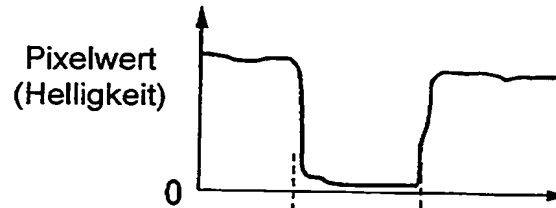


FIG. 17C

mit Filter 1
verarbeiteter Wert

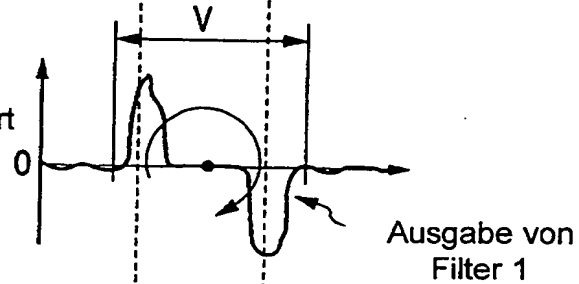


FIG. 17D

mit Filter 2
verarbeiteter Wert

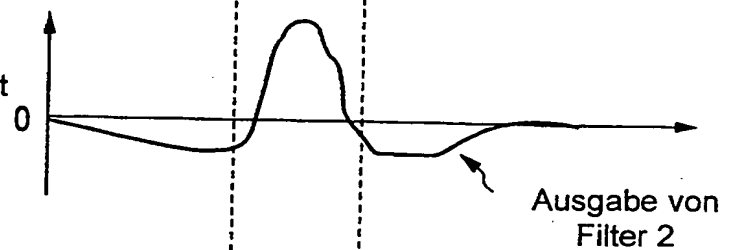


FIG. 17E

mit Filter 3
verarbeiteter Wert

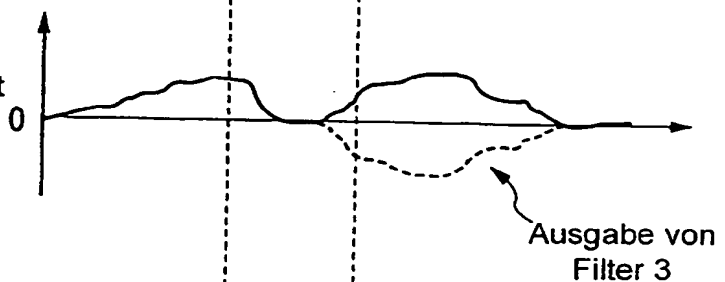


FIG. 17F

Differenzwert

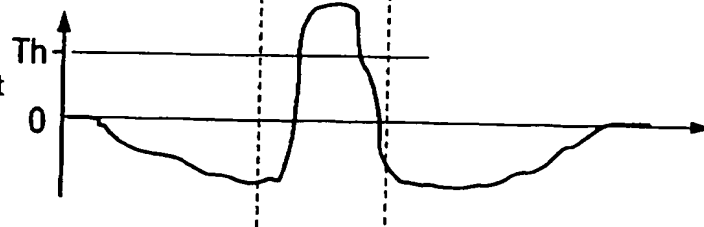


FIG. 18A

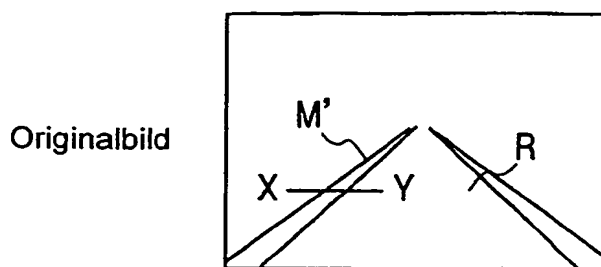


FIG. 18B

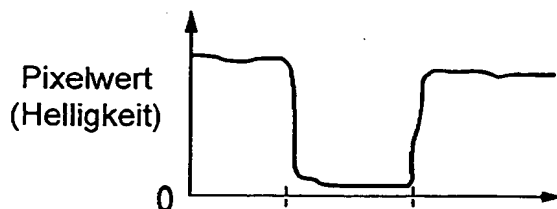


FIG. 18C

mit Filter 1
verarbeiteter Wert

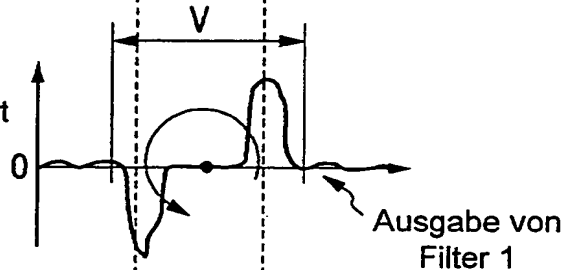


FIG. 18D

mit Filter 2
verarbeiteter Wert

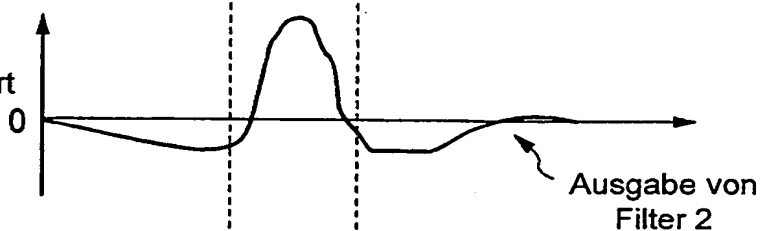


FIG. 18E

mit Filter 3
verarbeiteter Wert

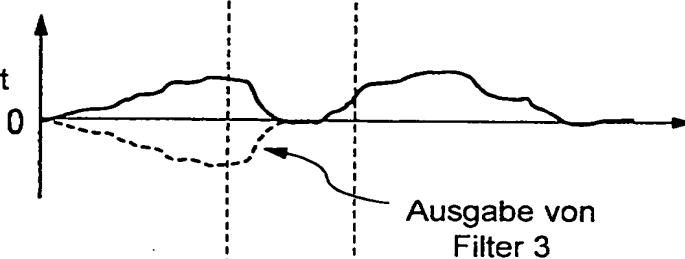


FIG. 18F

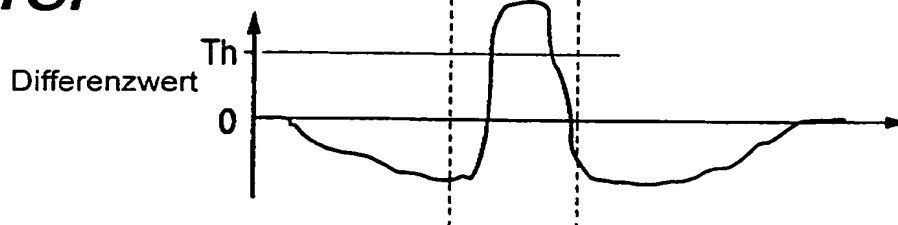


FIG. 19A

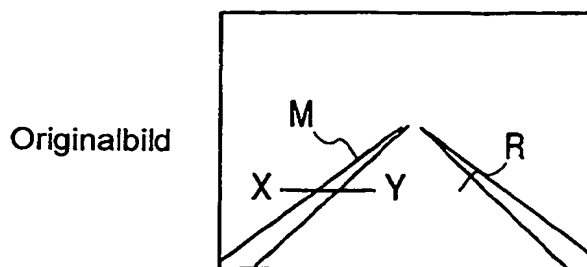


FIG. 19B



FIG. 19C

mit Filter 1
verarbeiteter Wert

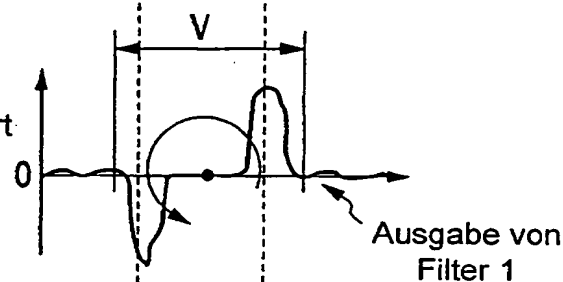


FIG. 19D

mit Filter 2
verarbeiteter Wert

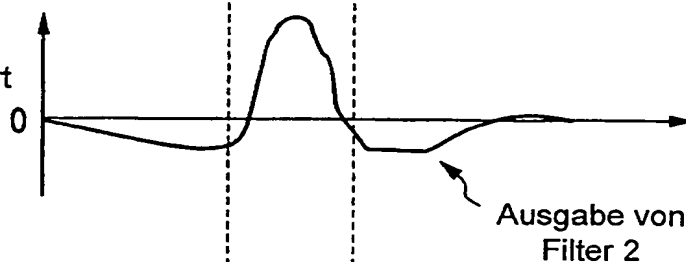


FIG. 19E

mit Filter 3
verarbeiteter Wert

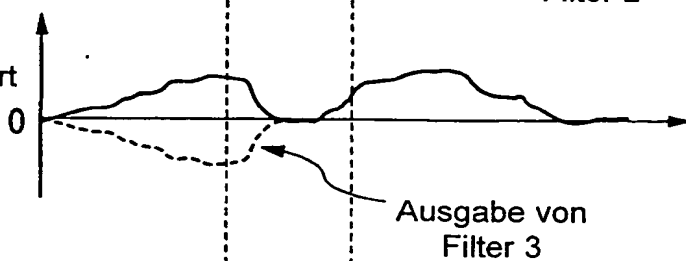


FIG. 19F

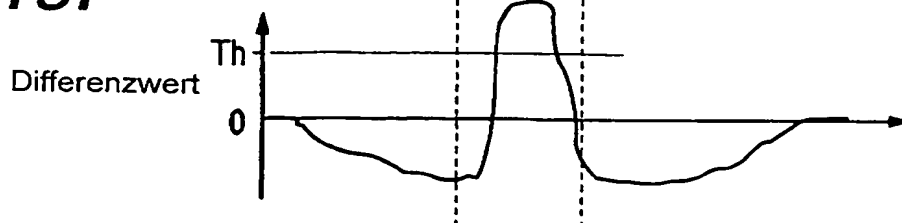


FIG. 20A

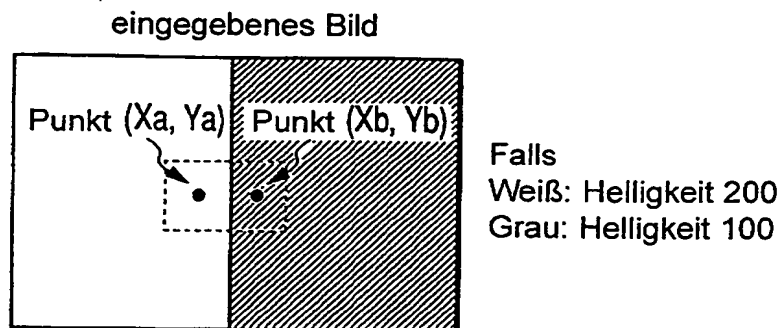


FIG. 20B

↓ vergrößert

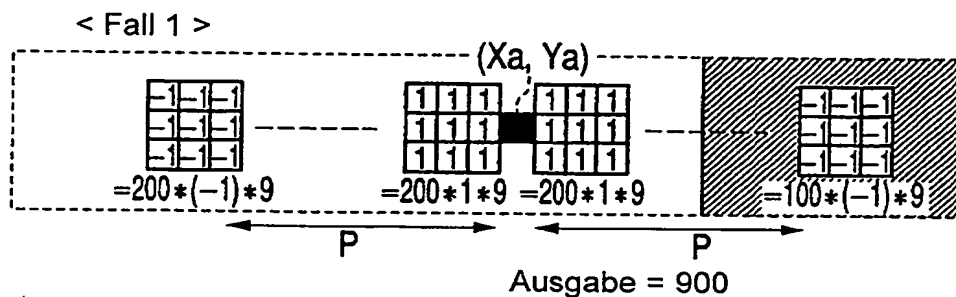


FIG. 20C

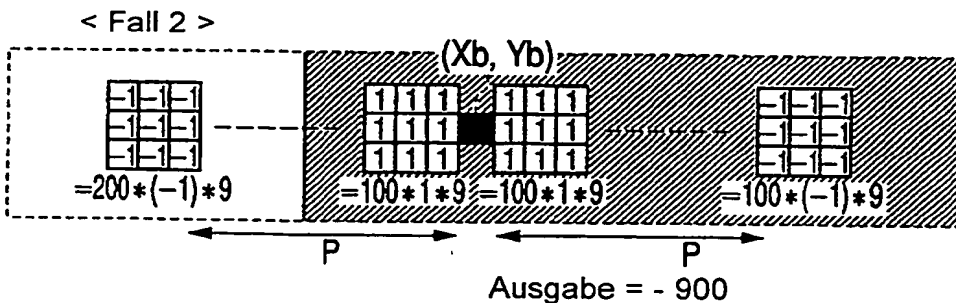
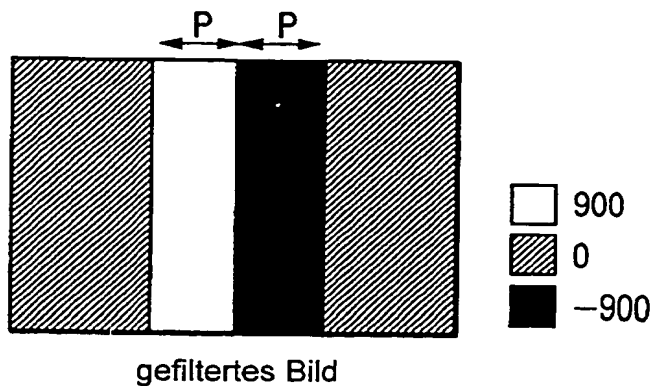


FIG. 20D



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.